



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL**  
**AMBIENTE**

**Por un Desarrollo**  
**Agrario Integral**  
**y Sostenible**

## **Trabajo de Graduación**

**Análisis Multitemporal de fragmentación del**  
**Bosque en la Reserva de Recursos Genéticos**  
**Yúcul, San Ramón, Matagalpa, durante el**  
**Periodo 1983 a 2015**

**AUTOR**

**Erick José Velásquez Alvarado**

**ASESOR**

**Lic. MSc. Miguel Garmendia Z.**

**Managua, Nicaragua**

**Noviembre, 2018**



“Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible”

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL  
AMBIENTE**

**Trabajo de Graduación**

**Análisis Multitemporal de fragmentación del bosque  
en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, San  
Ramón, Matagalpa, durante el periodo 1983 a 2015**

**AUTOR**

**Erick José Velásquez Alvarado**

**ASESOR**

**Lic. MSc. Miguel Garmendia Z.**

**Managua, Nicaragua**

**Noviembre, 2018**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable tribunal examinador designado por la decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente como requisito parcial para optar al título de Maestría Profesionalizante en:

**Gestión del Manejo Forestal con Enfoque de Cuencas**

Miembros del tribunal examinador:

---

**Dr. Guillermo Castro Marín**  
*Presidente*

---

**Ing. MSc. Edwin Alonzo Serrano**  
*Secretario*

---

**Ing. MSc. Andrés Agustín López**  
*Vocal*

**Managua, Nicaragua**

**Noviembre, 2018**

## INDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN  | PÁGINA |
|--|--------|
| DEDICATORIA .....  | i      |
| AGRADECIMIENTO .....   | ii     |
| INDICE DE CUADRO .....   | iii    |
| INDICE DE FIGURAS .....  | iv     |
| INDICE DE ANEXOS .....   | v      |
| RESUMEN .....  | vi     |
| ABSTRACT .....   | vii    |
| II INTRODUCCIÓN .....  | 1      |
| II OBJETIVOS.....  | 3      |
| 2.2 Objetivos Especificos .....  | 3      |
| III MATERIALES Y MÉTODO .....  | 4      |
| 3.1 Ubicación del área de estudio.....   | 4      |
| 3.2 Características biofísica y Socioeconómica .....                                     | 6      |
| 3.2.1 Suelo .....  | 6      |
| 3.2.2 Hidrología.....  | 6      |
| 3.2.3 Relieve.....   | 7      |
| 3.2.4 Vegetación.....  | 7      |
| 3.2.5 Clima .....  | 7      |
| 3.2.6 Tenencia de la tierra .....  | 8      |
| 3.2.7 Población.....   | 8      |
| 3.2.8 Salud .....  | 8      |
| 3.2.9 Educación.....   | 9      |
| 3.2.10 Vialidad y Transporte.....  | 9      |
| 3.3 Proceso metodológico .....   | 9      |
| 3.3.1 Recopilación de información secundaria .....                                       | 10     |
| 3.3.2 Visita de reconocimiento.....  | 11     |
| 3.3.3Análisis de fragmentación y comparación estadística de las métricas resultantes.... | 11     |
| 3.3.4 Caracterización la composición arbórea .....                                       | 13     |

|  |    |
|--|----|
| 3.3.5 Acciones sugeridas a conservar los remanentes actuales de bosque de la Reserva de Recursos Genética Yúcul, basados en los resultados del análisis. ....      | 15 |
| IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....  | 16 |
| 4.1 Análisis de fragmentación y comparación de las métricas.....   | 16 |
| 4.1.1 Cambio en el tamaño y número de parches en el área del bosqueLatifoliado y de pino en el tiempo .....  | 17 |
| 4.1.2 Cambio en perímetro y la forma de los parches que conforman el bosque latifoliado y de pino en el tiempo.....  | 20 |
| 4.1.3 Comparación multitemporal del área núcleo del bosque latifoliados y de pino .....  | 22 |
| 4.1.4 Cambio en el tamaño, número de parches y tamaño total del área del bosque latifoliado y de pino en el tiempo en relacion al resto de las clases de uso ..... | 23 |
| 4.2 Composición de la flora arborescente en el área de estudio .....   | 28 |
| 4.3 Recomendaciones para conservar los remanentes actuales de bosque .....   | 34 |
| V CONCLUSIONES .....   | 35 |
| VI RECOMENDACIONES.....  | 36 |
| VII LITERATURA CITADA.....   | 37 |
| VIII ANEXOS.....   | 40 |

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la oportunidad de alcanzar este logro tan importante de mi formación profesional. Raya

A mi madre Esperan a Velásquez Laguna  
Por haberme dado la vida y su comprensión.

A mi esposa Mayra flores Duarte a mis hijos Yasser Enock Velásquez Flores, Mayeris Yaresi Velásquez Flores, Erick José Velázquez Meneses, que siempre fueron mi mayor motivación para nunca rendirme y poder llegar a ser un ejemplo para ellos.

## **AGRADECIMIENTO**

Al Instituto Nacional Forestal (INAFOR) y al Proyecto Cadena de Valor de la Madera (CAVAMA), financiado por la Unión Europea, a través de la Cooperación Alemana (GIZ), que apoyó la realización de esta maestría.

A mi asesor Lic. MSc. Miguel Garmendia, Docente Titular de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente (FARENA), por su paciencia, motivación, dirección y orientación de este trabajo de grado y a todos aquellos profesores que con sus palabras de aliento me ayudaron a terminar este paso de vida, gracias.

Al Ing. MSc. Mario García Roa, Coordinador del Proyecto INAFOR/CAVAMA, por su apoyo y brindarme la oportunidad de estudiar esta maestría, muchas gracias.

A los docentes de la Universidad Nacional Agraria, que durante este tiempo contribuyeron en mi formación profesional.

## INDICE DE CUADRO

| CUADRO   | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. Características de los órdenes de suelo predominante en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, Fuente: Plan de Manejo de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul (SINAP, 2009)..... | 6      |
| 2. Descripción de las métricas utilizadas en el análisis de fragmentación en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul. Fuente: (Ruiz et al., 2013). .....                                | 12     |
| 3. Resumen comparativo de las métricas de tamaño y cantidad de parches calculadas para las clases de uso bosque latifoliados y bosque de pino.....                                     | 18     |
| 4. Resumen comparativo de las métricas relacionadas con el perímetro y la forma calculado para las clases de uso bosque latifoliado y bosque de pino. ....                             | 21     |
| 5. Comparación de las métricas relacionadas con el área núcleo en los tres años en cuestión para las clases de uso bosque latifoliado y bosque de Pino. ....                           | 23     |
| 6. Promedio $\pm$ error estándar de la densidad de árboles (ind/ha) distribuido por especies (más abundantes) y clases diamétricas (cm DAP). ....                                      | 31     |
| 7. Promedio $\pm$ error estándar de la Promedio $\pm$ error estándar de la densidad de árboles (ind/ha) distribuido por especies (más abundantes) y clases altura (m). ....            | 33     |



## INDICE DE FIGURAS

| FIGURA   | PÁGINA |
|--|--------|
| 1. Mapa de la Ubicación de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, San Ramón<br>Departamento de Matagalpa, Nicaragua Centro América.....                                     | 5      |
| 2. Esquema metodológico para el desarrollo del análisis multitemporal de la<br>fragmentación. ....   | 10     |
| 3. Mapa de la Ubicación de parcelas de muestreo, Reserva de Recursos Genéticos<br>Yúcul Municipio de San Ramón, Departamento de Matagalpa, Nicaragua,<br>Centro América..... | 14     |
| 4. Fragmentación de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul en Municipio de<br>San Ramón, Departamento de Matagalpa, Nicaragua, Centro América. ....                          | 17     |
| 5. Promedio de área en ha y su error estándar para seis clases de uso de suelo por los<br>años en cuestión.....  | 24     |
| 6. Número de parches para las clases de uso de suelo. ....   | 25     |
| 7. Porcentaje de área de cada clase de uso de suelo en relación al área total del<br>paisaje. ....   | 26     |
| 8. Porcentaje de área ganada o perdida por clase de uso de suelo entre los años<br>1983, 2005 y 2015.....  | 27     |
| 9. Promedio $\pm$ error estándar de la densidad de árboles (ind/ha) distribuido<br>por clases diamétricas (cm DAP). ....   | 30     |
| 10. Promedio $\pm$ error estándar de la densidad de árboles (ind/ha) distribuido por<br>clases altura (m). ....  | 32     |

## INDICE DE ANEXOS

| <b>ANEXO</b>  | <b>PÁGINA</b> |
|---|---------------|
| 1. Formato para el levantamiento de datos de la vegetación mayor de 10 cm en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul. .... | 40            |
| 2. Entrevistas a dueños de bosques sobre pérdida y aumento de la vegetación boscosa latifoliado y conífera.....           | 41            |
| 3. Glosario .....   | 42            |

## RESUMEN

La pérdida de hábitat y la fragmentación se consideran las principales amenazas que afectan a la diversidad biológica. El propósito de este trabajo fue realizar un análisis de fragmentación del bosque latifoliado y de conífera en tres momentos 1983, 2005 y 2015, en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, San Ramón, Matagalpa. El análisis se realizó utilizando la opción “Spatial Statistic” de la extensión Patch Analyst para ArcGIS 10.5. Las métricas calculadas fueron: métricas de densidad y tamaño de parches forma y área núcleo. Adicionalmente, para determinar la composición florística se realizó un muestreo en los dos tipos de bosques utilizando 20 parcelas de 20 x 50 m dispuestas aleatoriamente en el área de estudio, en donde se registraron todos los árboles con DAP  $\geq$  10 cm. El análisis comparativo de los bosques para las tres fechas (1983, 2005, 2015) muestra que el paisaje de la Reserva de Recursos Genéticos está fragmentado; posiblemente asociado al incremento de áreas destinadas a pasto, cultivos perennes, cultivos anuales y tacotales. En términos de composición florística, se registraron 881 individuos agrupados en 38 especies, 33 géneros y 26 familias. El bosque latifoliado está representado por las especies *Croton panamensis*, *Hirella triandra* y *Quercus oleoides*; mientras que el bosque de conífera está representado principalmente por *Pinus patula*, *spp Tecumumanii*, *Schiede* y *Pinus oocarpa*. En este estudio se exponen sugerencias encaminadas a mitigar el avance de la fragmentación del bosque de latifoliado y pino en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul y que a la vez sirva de base para futuros programas de restauración.

**Palabras claves:** Fragmentación, métricas, bosque.

## ABSTRACT

Habitat loss and fragmentation are considered the main threats that affect biodiversity. The purpose of this work was to carry out an analysis of fragmentation of the broadleaf and pine forest at three times 1983, 2005 and 2015, in the Yúcul Genetic Resources Reserve, San Ramón, Matagalpa. The analysis was performed using the "Spatial Statistic" option of the Patch Analyst extension for ArcGIS 10.5. The metrics calculated were: density metrics and size of shape and core area patches. Additionally, to determine the floristic composition, a sampling was carried out in the two forest types using 20 parcels of 20 x 50 m randomly arranged in the study area, where all trees with  $DBH \geq 10$  cm were recorded. The comparative analysis of the forests for the three dates (1983, 2005, 2015) shows that the landscape of the Genetic Resources Reserve is fragmented; possibly associated with the increase of areas for pasture, perennial crops, annual crops and tacotales. In terms of floristic composition, there were 881 individuals grouped into 38 species, 33 genera and 26 families. The broadleaved forest is represented by the species *Croton panamensis*, *Hirella triandra* and *Quercus oleoides*; while the conifer forest is represented mainly by *Pinus patula*, Schiede and *Pinus oocarpa*. In this study, suggestions are made to mitigate the progress of the fragmentation of the broadleaf and pine forest in the Yúcul Genetic Resources Reserve, which will also serve as the basis for future restoration programs.

Key words: Fragmentation, metrics, forestal

## I. INTRODUCCIÓN

Los bosques tropicales sufren procesos de deforestación muy rápidos (FAO, 1997). La deforestación no se traduce solamente en una disminución del área forestal, tiene también como consecuencia la parcelación de las superficies residuales, es decir, la fragmentación.

La fragmentación es un proceso por el cual un hábitat, se divide en unidades de menor tamaño llamados “parches” y aislados entre sí, se caracteriza por una disminución del área total del hábitat y por su ruptura en partes. Los parches nuevos, formados a partir de uno de mayor superficie, tendrán características muy semejantes entre sí, pero también características propias debidas a su tamaño, forma, bordes (Forman, 1995).

Los procesos de reducción y fragmentación de hábitats son apuntados por la comunidad científica, como una de las principales causas, si no la principal, de la actual crisis de biodiversidad (PRIMACK, 2002; FAHRIG, 2003; CROOKS Y SANJAYAN, 2006), se buscan y plantean soluciones aplicadas para hacer frente a esta problemática, de forma que la conservación y, en su caso, restauración de la conectividad del paisaje conforma una de las principales líneas de investigación y planificación en la actualidad.

En Nicaragua la vegetación ha sufrido pérdida de los bosques producto de la agricultura, el aprovechamiento insostenible de los bosques y la expansión de la ganadería extensiva (Stevens, 2001). Otros factores del cambio de usos de suelos son las migraciones campesinas, el reasentamiento de los desmovilizados de guerra y orientación de las políticas y programas de desarrollo agropecuarias (INAFOR, 2008). Nicaragua al igual que muchos países de la región, está sujeto a un proceso de fragmentación constante de los bosques; sin embargo, estos procesos no están siendo adecuadamente monitoreados mediante análisis pertinentes.

La Reserva de Recursos Genéticos Yúcul en el norte de Nicaragua, ha sido por muchos años un lugar de referencia para la producción de semilla de pinos, las cuales se obtienen de árboles genéticamente cotizados para la producción de madera. Para el año 1989, parte del área de la Reserva (337.22 ha) es entregada por el IRENA (Instituto de Recursos Naturales y del

Ambiente) al Centro Mejoramiento Genético y Banco de Semillas Forestales, con el fin de conservar la procedencia y mejorar la calidad de la semilla (SINAP, 2009).

En éste sitio se han realizado varios estudios en el campo forestal, entre ellos: Plan General de Manejo de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, San Ramón Matagalpa; Plan de Ordenación del área manejada por el centro de mejoramiento genético y banco de semillas forestales, en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, Matagalpa para fines diversos, entre otros. Sin embargo, ninguno ha sido dirigido directamente a analizar la fragmentación de los parches de bosques (Granados et al., 2007).

El propósito de este trabajo fue realizar un análisis de fragmentación del bosque, que permitiera conocer el estado actual de los mismos en términos de métricas de paisaje (número de parches, forma de los parches, cantidad de área de interior de bosque, entre otros.), con el fin de generar información de cómo los parches de bosques cambiaron a lo largo del tiempo (1983, 2005, 2015). La información finalizada sirva de base para futuras investigaciones en el campo de la ecología de paisaje, entre el que se podría mencionar la restauración de áreas útiles como corredores de vida silvestre o esfuerzos para conservar e incrementar la masa boscosa de los bosques remanentes.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Analizar el estado de fragmentación del bosque latifoliado y de pino presentes en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, desde un punto de vista histórico y con miras a generar información de base para la conservación del paisaje actual.

### **2.2. Objetivos específicos**

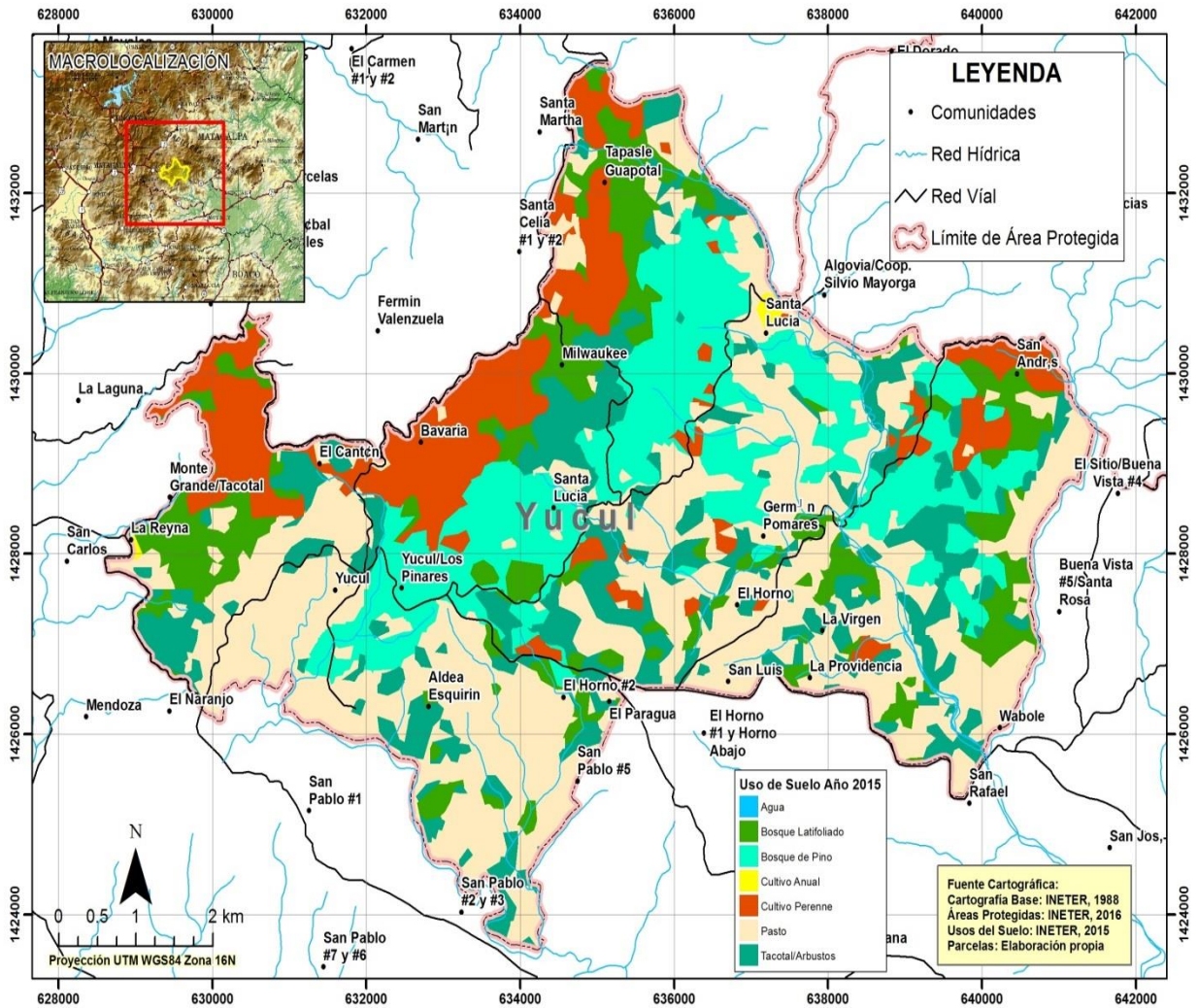
1. Determinar las métricas de densidad y tamaño de parches, métricas de forma y métricas de área núcleo, del bosque latifoliado y de pino en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, periodo 1983 a 2015.
2. Caracterizar la composición arbórea de los bosques latifoliado y de pino en los parches remanentes de considerable tamaño (5 ha).
3. Proponer recomendaciones para conservar los remanentes de bosque, con base en los resultados de los análisis de fragmentación.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Ubicación del área de estudio

La Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, está localizada a 11.8 kilómetros en dirección Noroeste de la zona urbano de San Ramón, Departamento de Matagalpa entre las coordenadas geográficas  $85^{\circ}48'37''$  y  $85^{\circ}41'55''$  de longitud Oeste y  $12^{\circ}54'20''$  y  $12^{\circ}55'53''$  de latitud Norte (Figura 1). Comprenden un área de 5,713.65 ha, equivalente a  $57.14\text{km}^2$ , la cual difiere de la superficie en el decreto creador, Decreto No 526 del 17 de abril del año 1990 y publicado en la Gaceta No 78 de 23 de abril de 1990 el cual establecía 4,826 ha. Con la elaboración de la nueva cartografía y uso de métodos más precisos se determinó, usando los límites creadores la nueva superficie actual. La Reserva de Recursos Genético Yúcul limita al noreste y al este con la Reserva Natural el Gorrión Wabule, al sur con la comarca de San Pablo y Sabana Grande, al oeste con la comunidad de la Reyna, noroeste con las haciendas cafetales Santa Celia y Santa Martha.





**Figura 1.** Ubicación de la Reserva de Recursos Genéticos Yucul, San Ramón Departamento de Matagalpa, Nicaragua, Centro América.

## Características biofísica y Socioeconómica

### 3.2.1. Suelo

De acuerdo al sistema de clasificación del USDA (Servicio de Conservación de Suelos en los Estados Unidos de América), en la reserva se encuentra tres tipos de órdenes, Alfisoles, Molisoles, Ultisoles (SINAP, 2009) (Cuadro 1).

**Cuadro 1.** Características de los órdenes de suelo predominante en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, Fuente: Plan de Manejo de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul (SINAP, 2009).

| Órdenes   | Características Químicas  |
|-----------|---|
| Alfisoles | Comprende los suelos relativamente jóvenes y ácidos, con un horizonte B enriquecido por arcilla.  |
| Molisoles | Son Suelos superficiales a moderadamente profundos, con epipedonmólico, desarrollados de materiales volcánicos y sedimentarios, tienen horizontes superficiales oscurecidos, estructurados en gránulos bien desarrollados de consistencia friable y dotados superficialmente de bases principalmente Ca y Mg presentan topografía que varían entre ligeramente inclinados extremadamente empinados. |
| Ultisoles | Abarca suelos profundamente meteorizados (lateríticos), rojos y amarillos, ricos en arcilla con un bajo nivel de base, muchas veces ricos en óxidos secundarios del hierro y aluminio.  |

### 3.2.2. Hidrología

La Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, está inmersa en un área compartida por dos sub cuencas (que pertenecen a la cuenca del río Grande de Matagalpa); la sub cuenca río Tapaste o Upa, Wabule y está compuesta por 5 microcuencas, donde tres de ellas (Wabule, Yúcul y Tepaste arriba), comprenden aproximadamente el 96% del territorio de la reserva. La sub cuenca del río Tuma con 3 microcuencas (Yayule, La Salvadora y Amanca), las cuales son abarcadas en su cabecera, representa el 4% de la reserva (SINAP, 2009).

### **3.2.3. Relieve**

La pendiente de la corriente principal del río Wabule es del 3.2% oscilando la diferencia de sus elevaciones entre 1,045 y 270 msnm y la del río Yúcul es del 4.9% oscilando la diferencia de sus elevaciones entre 1,055 y 390 msnm. El relieve es de montaña. Los rasgos de pendiente del terreno son mayores al 30% lo que impone al territorio una vocación forestal natural. En su mayoría está protegido por cobertura vegetativa arbustiva, matorrales y de bosques (SINAP, 2009).

### **3.2.4. Vegetación**

La Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, es un bosque de coníferas y latifoliado que pertenece a la zona de vida “bosque húmedo premontano” según Holdridge (1979), clasificándose la vegetación natural como bosques medianos o altos, sub perennifolios de zonas frescas y húmedas. La flora en general se puede considerar transicional entre la flora del Pacífico y la del Atlántico y entre la del norte y la del sur (Salas, 1982 y 1989). En el área se encuentran pinares, robleales en las partes bajas y bosques húmedos subtropicales arriba de los 1,100 m de altura. En la Reserva de Recursos Genética de Yúcul predomina la especie *Pinus patula, ssp Tecumumaniiii*, muy apreciada por su fuste recto y por la elevada proporción de germinación de sus semillas.

### **3.2.5. Clima**

Según (Holdridge, 1972 y CATIE, 1986), la precipitación oscila entre 1600 y 2000 mm anuales, con cuatro meses secos, de enero a abril (considerándose meses secos aquellos cuyo promedio de precipitación es menor de 50 mm). Las mayores precipitaciones se registran en la vertiente Norte, lo que ha propiciado el desarrollo de la caficultura, actividad que predomina en esta serranía. Por encontrarse en un rango de altitud de 500 msnm la temperatura media anual se halla entre 26.9°C y 17°C, caracterizándose dos zonas: la zona ubicada por encima de los 1000 msnm; que tiene presencia de niebla en época lluviosa las corrientes de aire son frecuentes y considerablemente fuertes. La otra zona ubicada por debajo de los 1000 msnm presenta

regularmente temperaturas más altas y corrientes de aire moderada considerándose el sector más caliente del área (SINAP, 2009).

### **3.2.6. Tenencia de la tierra**

La tenencia de la tierra es un problema importante sobre todo en las comunidades, El Naranjo y San Pablo, en estas comunidades no se cuentan con títulos de propiedad y tan solo documentos de compra venta, la excepción es la comunidad de El Cantón donde todas las propiedades están plenamente legalizadas, aquí 25 de 26 cuentan con título de propiedad (AMUNOR, 2008).

### **3.2.7. Población**

La población de Yúcul es de 4,590 habitantes, el mayor número de pobladores se encuentra en las comunidades de San Pablo (54.47%) y Yúcul (24.60%), el 42.44% de la población es menor de 17 años, de estos el 39.94% se encuentran entre los 4 y 17 años y el 17.36% son personas entre los 18 y 30 años, esto significa que existe una gran cantidad de jóvenes en edad escolar y existe un considerable porcentaje de pobladores en edad laboral sin contar el número de pobladores mayores de 31 años con todo su potencial laboral (AMUNOR, 2008).

### **3.2.8. Salud**

En la localidad existe un puesto de salud el que se ubica en la comunidad El Horno. En este centro de salud no se dictan diagnósticos, tan sólo se atienden casos de emergencia, partos, heridas leves. Se atiende a pobladores de las comunidades de los 4 Hornos, Wabule; El Carrizo, Sabana Grande; El Júcaro y Buena Vista. Todas estas comarcas en su conjunto representan no menos de 730 familias, el resto de comunidades del área, con excepción de Santa Martha y Santa Celia, deben de acudir al centro de salud del casco urbano (SINAP, 2009).

### **3.2.9. Educación**

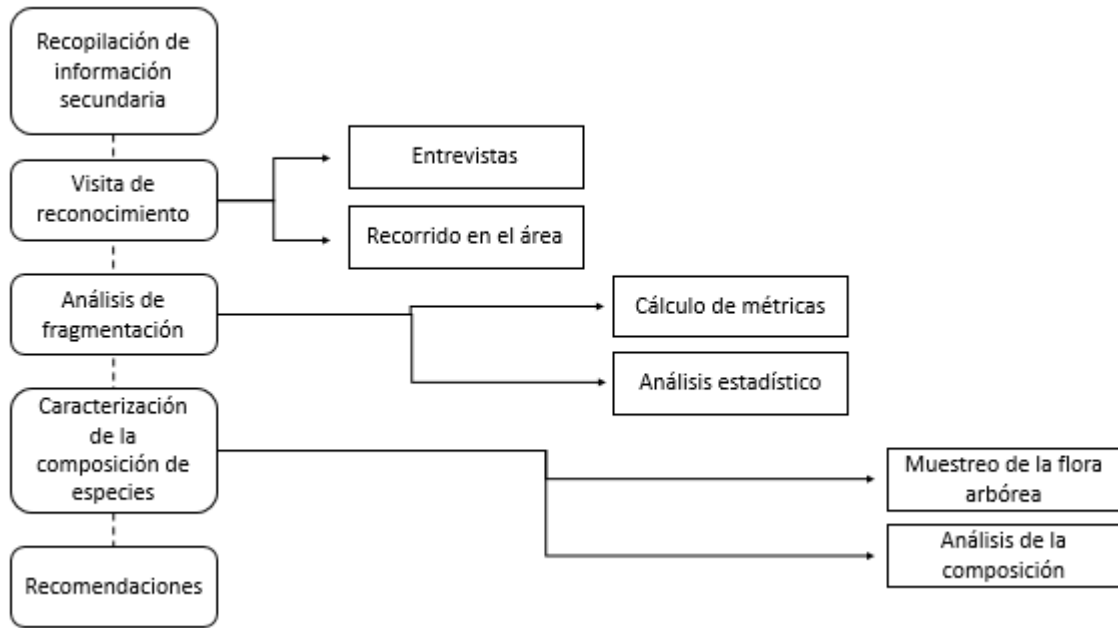
Las comunidades cuentan con acceso a la educación y escuelas completas como es el caso de las comunidades de San Pablo y Yúcul. El Naranjo no llega al quinto grado, pero, es atendido en El Cantón por maestras de multigrado. El estado de los centros educativos es generalmente bueno (AMUNOR, 2008).

### **3.2.10. Vialidad y Transporte**

En general las vías de comunicación permiten el acceso a todas las comunidades, están ubicadas cerca de la vía que conduce a Matiguas, El Jobo y Pancasán. La comunidad que presenta problemas de acceso es San Pablo ya que, para llegar hasta la carretera donde circula la unidad de transporte colectivo, deben recorrer al menos, 10 km aproximadamente. En ninguna de las comunidades a excepción de Yúcul cuentan con una unidad de transporte (AMUNOR, 2008).

### **Proceso metodológico**

Con el fin de alcanzar los objetivos planteados, se desarrollaron varias actividades, entre ellas; recopilación de información secundaria; una visita de reconocimiento en donde se realizaron entrevistas y se hizo un recorrido por el área de estudio; el análisis de fragmentación que consistió en el cálculo de métricas y análisis estadístico; una caracterización de la composición de especies arbóreas del área de estudio y se brindaron recomendaciones para la conservación los bosques latifoliado y de pino (Figura 2).



**Figura 2.** Esquema metodológico para el desarrollo del análisis multitemporal de la fragmentación.

### 3.3.1. Recopilación de información secundaria

Primeramente, se efectuó una exhaustiva revisión de literatura relacionada al manejo forestal histórico de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, a fin de determinar antecedentes y descripciones del bosque desde 1983 hasta la fecha. Para la elaboración del estudio se recolectó información como plan general de manejo de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, libro de silvicultura e inventario forestal, revistas y tesis del área relacionadas con el presente estudio. Esta información fue recolectada en el Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria (CENIDA).

### **3.3.2. Visita de reconocimiento**

Se realizó una visita de campo, con la finalidad de entrevistar a siete propietarios actuales que viven en los alrededores de la reserva y visualizar de forma general el estado en que se encuentra el área de estudio, a fin de tener un escenario más claro de la situación del bosque, para definir objetivos y la metodología a emplear en el desarrollo del estudio.

### **3.3.3. Análisis de fragmentación y comparación estadística de las métricas resultantes**

#### *Calculo de las métricas*

Para el análisis de fragmentación se utilizaron tipos de imágenes del sensor Landsat, 1983, Landsat 5 TM, 2005 Landsat 7 ETM+, 2015 Landsat 8 OLI, con resolución espacial de 30 metros de pixel, obtenidas de USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos), cuyo nivel de procesamiento incluye correcciones radiométricas, geométricas y topográficas. Cabe señalar que estas imágenes fueron suministradas por el Instituto Nicaragüense de estudio Territorial (INETER), utilizando un polígono de 5,713.65 ha correspondiente al contorno limítrofe de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul. Consecutivamente, se realizó recorte de las tres capas, las cuales se clasificaron conformando seis clases comunes para todos los años: bosque de pino; bosque latifoliado; cultivos anuales, cultivos perennes, tacotales y pasto.

Las capas recortadas y clasificadas se analizaron con la opción “Spatial Statistic” de la extensión de ArcGIS 10.5 llamada Patch Analyst (Ruiz et al., 2013). Las métricas calculadas fueron: métricas de densidad y tamaño de paisaje (número de parches, media y desviación estándar de tamaño de parche); métricas de forma (media de índice de forma, media de proporción perímetro-área). Adicionalmente se calcularon métricas de área núcleo (área núcleo total, media de los porcentajes áreas núcleo e índice de área núcleo total). El significado matemático de cada métrica se describiré en el cuadro 2, que se presenta a continuación.

**Cuadro 2.** Descripción de las métricas utilizadas en el análisis de fragmentación en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul.

| <b>Métricas</b>                                  | <b>Abreviación</b> | <b>Significado/Inte rpretación</b>  |
|--|--------------------|---|
| <b>Densidad y tamaño de paisaje</b>              |                    |   |
| Área por clase                                   | CA                 | Suma de las áreas de todos los parches pertenecientes a una clase dada.   |
| Número de parches                                | NumP               | Número de parches por cada clase individual.  |
| Media y desviación estándar de tamaño de parche. | MP y PSSD          | Promedio y desviación estándar del tamaño de parches por cada clase.  |
| <b>Métricas de forma</b>                         |                    |   |
| Media de índice de forma                         | MSI                | MSI es igual a 1 cuando todos los parches son circulares, de lo contrario serán mayor de 1.   |
| Media de proporción perímetro-área               | MPAR               | Media de la proporción perímetro-área por clase.  |
| <b>Métricas de área núcleo</b>                   |                    |   |
| Área núcleo total                                | TCA                | Suma del total de área núcleo del paisaje.  |
| Media de los porcentajes áreas núcleo            | MCAP               | Media del porcentaje de las áreas núcleos en relación a las áreas de los parches  |
| Índice de área núcleo total                      | CAI                | Mide la cantidad de área núcleo en el paisaje. Es igual a 0 cuando no existe área núcleo en el paisaje y se aproxima a 1 cuando la proporción relativa de área núcleo en el paisaje incrementa. |

Fuente: Ruiz et al., 2013.

### ***Análisis estadístico***

Como medida de tendencia central se utilizó el promedio y como medida de dispersión la desviación estándar. Se elaboraron gráficos de barra para representar visualmente los resultados. Para comparar las métricas se utilizó el Análisis de Varianza con prueba de comparaciones múltiples de LSD Fisher, a un nivel de significancia de 0.05. Los análisis se realizaron en el programa estadístico InfoStat.



### 3.3.4. Caracterización la composición arbórea

#### *Muestreo de la flora arbórea*

El muestreo de la composición florística de los bosques de pino y latifoliado, se llevó a cabo, mediante el diseño de muestreo aleatorio simple, a una intensidad del 0.11%. Para determinar la intensidad de muestreo se utilizó la siguiente fórmula (CATIE, 2002):

$$I\% = [(n * a) / A] * 100$$

Dónde:

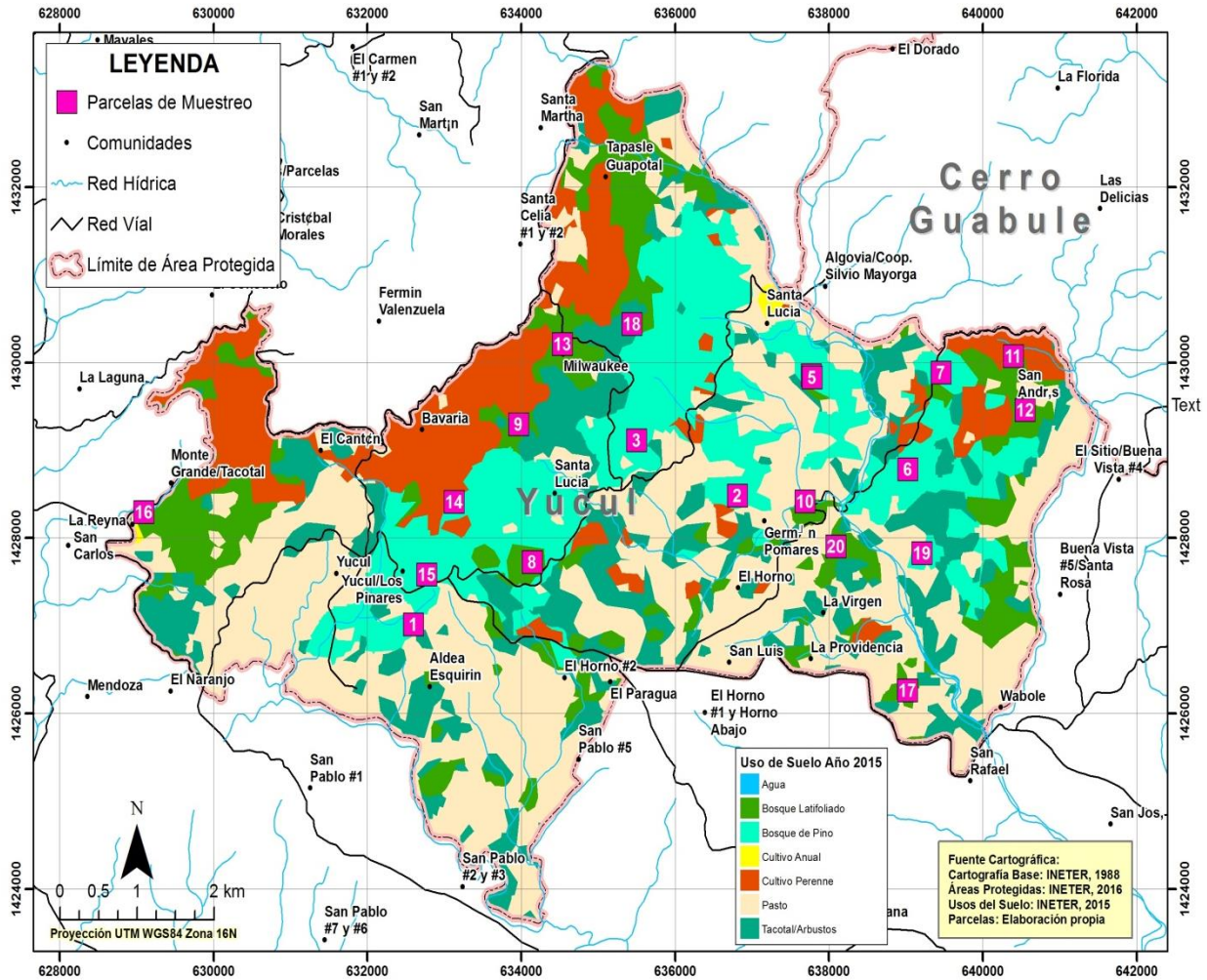
I= intensidad de muestreo

n= Número de parcelas

a= tamaño de la parcela

A= área total o área efectiva.

En el área de estudio se establecieron 20 parcelas rectangulares de 20 x 50 m (Figura3) distribuida de forma aleatoria, en toda el área de bosque de los parches de considerable tamaño ( $\geq 5$  ha), utilizando el programa ArcGIS 10.5, a través de la función Data Management Tools – Feature Class – Create Random Points, la cual permitió crear los puntos de forma aleatoria, en el área de la Reserva de Recursos Genético Yúcul. Los puntos correspondientes a la parcelas fueron localizadas en campo con el uso de un GPS Garmin Plus. Dentro de las parcelas se identificaron todos los árboles con DAP  $\geq 10$  cm a una altura de 1.3 metros del suelo con cinta diamétrica y se estimó la altura en metros desde la base hasta la copa de cada individuo, utilizando un Clinómetro de la marca Suunto.



**Figura 3.** Ubicación de parcelas de muestreo, Reserva de Recursos Genéticos Yúcul Municipio de San Ramón, Departamento de Matagalpa, Nicaragua, Centro América.

### *Análisis de la composición*

Terminado el proceso de recopilación de datos (Etapa de campo) se procedió a ordenar los datos en tablas de Microsoft Excel y utilizando los procedimientos de análisis en el programa de cómputo InfoStat se procedió a realizar, cálculos de riqueza de especies, agrupaciones de especies y especies representativas. Los datos se manejaron con DAP mayores a 10 c, tanto para el bosque de pino como para el latifoliado.

### **3.3.5. Acciones sugeridas a conservar los remanentes actuales de bosque en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, basados en los resultados del análisis.**

Las acciones están encaminada a mitigar el avance de la fragmentación del bosque de latifoliado y pino en el área de la reserva natural y que a la vez sirva de base para futuros programas de restauración de los mismos. Los insumos necesarios para la elaboración de la propuesta fue el análisis de fragmentación multitemporal, el análisis de composición de flora arbórea y el plan de manejo actual de la reserva, además de la información colectada en campo que resultó de entrevistas informales a los propietarios de tierra aledaños a la reserva natural.

En esta propuesta no se trata de dar respuesta absoluta a un problema que abarca campos tan amplios y complicados como lo son la parte social, cultural, política, entre otros. Si no, se trata de analizar la situación desde el punto de vista forestal exclusivamente y las recomendaciones se circunscriben a ese punto de vista.

Los ejes específicos en los que se requiere recomendar son:

- Plan de manejo actual que estimule a la conservación de los parches de bosques existentes.
- Mejorar la conectividad ecológica en el paisaje fragmentado.
- Ámbito social y educativo dirigido a reducir la conversión de tierras forestales a áreas agrícolas y ganadera.

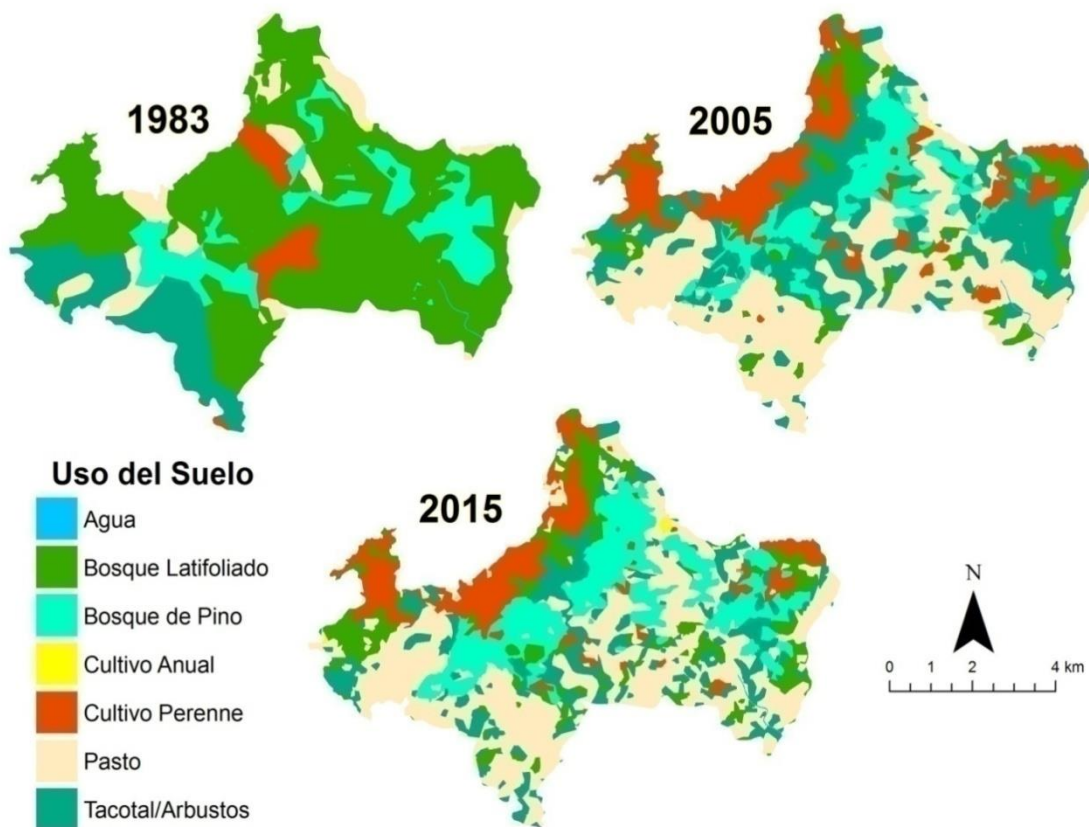
Para cada recomendación se especificará el nivel de realización en términos de tiempo (corto, mediano, largo plazo) y se detallarán lo donde se pueden resultados a obtener una vez se logrará su ejecución.

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **4.1. Análisis de fragmentación y comparación de las métricas**

El análisis de fragmentación y comparación de las métricas comprende cuatro subtemas los cuales son complementables entre ellos y cada uno genera información para probar y evidenciar el proceso de fragmentación multitemporal sufrido en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul. Los subtemas en los que se divide este tema son: Cambio en el tamaño, número de parches y tamaño total del área del bosque latifoliado y de pino en el tiempo; cambio en perímetro y la forma de los parches que conforman el bosque latifoliado y de pino en el tiempo; comparación multitemporal del área núcleo del bosque latifoliado y bosque de pino; cambio en el tamaño, número de parches y tamaño total del área del bosque latifoliado y de pino en el tiempo en relación al resto de las clases de uso.

En la figura 4, se puede observar que el bosque de pino y latifoliado incrementan el grado de fragmentación a partir del primer periodo 1983, visualizándose cambios mayores en el periodo 2005 al 2015.



**Figura 4.** Fragmentación de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul en el Municipio de San Ramón, Departamento de Matagalpa, Nicaragua, Centro América.

#### 4.1.1. Cambio en el tamaño y número de parches en el área del bosque latifoliado y de pino en el tiempo

Según el periodo de estudio (1983–2015) el paisaje de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul ha cambiado de forma muy evidente. En primer lugar, el tamaño de los parches se ha reducido, no obstante el número de parches ha aumentado. Esto es evidencia de que la fragmentación ha tomado lugar a través del gradiente temporal, tanto en el bosque latifoliado, como del bosque de pino presentes en el área de estudio.

En el cuadro 3, se presentan los valores de tres métricas de paisajes distribuidos en los tres años en estudio, separados para el bosque latifoliado y el bosque de pino. La diferencia en términos del área promedio de los parches es significativa para el bosque latifoliado, siendo en el año

1983 cuando se encontraban parches de mayor tamaño ( $1,733.8 \pm 1,306.9$  ha) en un aproximado de 400 a 200 veces más grandes que los tamaños correspondientes en los años 2005 ( $3.8 \pm 10.7$  ha) y 2015 ( $6.6 \pm 12.2$  ha). Para el bosque de pino el tamaño promedio de los parches también es mayor en 1983 ( $373.4 \pm 354.5$  ha), en un aproximado de 50 a 10 veces comparados con el año 2005 ( $7.6 \pm 23.1$  ha) y 2015 ( $38.1 \pm 68.7$  ha); sin embargo, en el año 2015 se muestra un valor considerablemente mayor en comparación con el año 2005.

El número de parches muestra un patrón opuesto a la métrica anterior. En el mismo cuadro 3 se observa que en el año 1983 existían solamente dos parches (para ambos bosques), mientras que en los años 2005 y 2015 se reportan 133 y 107 parches en el bosque latifoliado, mientras que en el bosque de pino 90 y 28 parches. Esto demuestra que el número de parches aumento entre 50 a 70 veces en el bosque latifoliado y entre 14 y 45 veces en el bosque de pino.

La suma de las áreas de todos los parches por tipo de bosque muestra una tendencia semejante al tamaño promedio por parche en el bosque latifoliado, habiendo 3,467.7 ha de bosque de éste tipo en el año 1983, reduciéndose a 505.7 ha en el 2005 y 710.1 ha en el 2015; sin embargo, el bosque de pino no siguió dicho patrón, más bien el tamaño total del bosque de pino ha incrementado en los períodos 1983– 2005– 2015, evidenciando que éste bosque ha ganado terreno en su crecimiento, presentando menos parches y de mayor tamaño promedio en el 2015 (1,066.1 ha) en relación al 2005 (686.3 ha) que incluso superan el tamaño total en el año 1983 (746.7 ha).

**Cuadro 3.** Resumen comparativo de las métricas de tamaño y cantidad de parches calculadas para las clases de uso bosque latifoliado y bosque de pino.

| Tipo de bosque | Métricas | Años          |          |           | Valor de p |
|----------------|----------|---------------|----------|-----------|------------|
|                |          | 1983          | 2005     | 2015      |            |
| Latifoliado    | MPS      | 1733.8±1306.9 | 3.8±10.7 | 6.6±12.2  | <0.0001    |
|                | NumP     | 2             | 133      | 107       | <0.0001    |
|                | CA       | 3467.7        | 505.7    | 710.1     | -----      |
| Pino           | MPS      | 373.4±354.5   | 7.6±23.1 | 38.1±68.7 | <0.0001    |
|                | NumP     | 2             | 90       | 28        | <0.0001    |
|                | CA       | 746.7         | 686.3    | 1066.1    | -----      |

MPS= tamaño promedio de los parches en ha; NumP= Cantidad de parches; CA= Suma de las áreas de los parches en ha.

Desde un inicio fue esperado que las métricas de paisaje indicaran un mayor grado de fragmentación en los años más recientes, este patrón fue determinado de esa forma en especial por la reducción del tamaño de los parches y el aumento del número de parche, lo cual es probablemente un indicador de la presión a la que el ecosistema forestal está sometido debido a actividades antropogénicas (Butterfield, 1994a y Montagnini, 1994); sin embargo, también fue observado, en especial para el bosque de pino, que hubo una recuperación sustancial de (379.8 ha) entre el año 2005 y 2015.

En la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul se obtuvo información sobre las causas que han provocado el aumento en la fragmentación de los dos tipos de bosque, entre ellas se mencionan fenómenos ambientales (fenómeno “El Niño”) que cambian la dinámica de la regeneración natural; entrega de títulos de propiedad con bosques cuya cobertura fue cambiada; la ocurrencia de incendios forestales a lo largo de la historia del sitio; la proliferación del escarabajo descortezados (*Dendroctonus frontalis*) promovida por el manejo inadecuado del bosque, que atacó con mayor auge entre los años 2001–2002.

Los fragmentos pequeños tienen características muy diferentes, en cuanto al ecosistema, que las superficies más extensas de bosque, pues sostienen más especies de luz, más árboles cuyas semillas o frutos son dispersados por el viento o el agua y un número menor de especies en el sotobosque (Laurence, 1999). A medida que desaparecen de esos hábitats los mamíferos y las aves que dispersan los frutos, se reducen las masas de árboles cuyos frutos dispersan. En los fragmentos de tamaño más reducido es mayor también la caída de árboles, la cubierta de copas es más irregular, existe un mayor número de vegetación herbácea y se da una abundancia inusual de trepadoras, lianas y bambúes.

La reducción del tamaño del hábitat es una de las mayores causas de extinción de especies (Tilman et al., 1994). Por esta razón, el tamaño de un fragmento es un factor significativo, por ejemplo, cuando se necesita conservar una especie o un grupo de especies a escala local e incluso global.

En particular, el aumento tanto del tamaño promedio de los parches como de la suma del área general del bosque de pino, se debió precisamente a que a partir del año 1990 se declara Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, lo que contribuyó a frenar el avance del cambio de uso del suelo

en dicha reserva, de tal forma que se reduce la influencia de personas en el bosque; además, que el bosque de pino pasa a ser de vital importancia por el auge del comercio de sus semillas de árboles de la especie de pino (*Pinus patula ssp Tecunumanii*) generándoles ingresos extraordinarios.

En el 2004 el POSAF financió la elaboración de planes de manejo forestal, capacitación, aporte de equipos y herramientas para combatir incendios forestales. Todas estas medidas de mitigación contribuyeron al proceso de recuperación del bosque.

#### **4.1.2. Cambio en perímetro y la forma de los parches que conforman el bosque latifoliado y de pino en el tiempo**

Para ratificar que la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul está sometida a un proceso de fragmentación de sus bosques latifoliado y de pino, se realizó un análisis del cambio en el perímetro y la forma de los parches a lo largo del tiempo. Ambos bosques tenían forma compleja en el año 1983, reduciendo su complejidad hacia los años más recientes. Los valores del índice de forma varían de 1 a 2, cuando el valor se acerca a 1 el parche se considera regular (con forma acercándose a la de un círculo) y cuando se acerca a 2 el área se considera irregular (con forma muy diferente a la de un círculo y más angular) en términos de forma. En cuanto a la relación perímetro/área, valores de 1 indican que perímetros muy sencillos tales como círculos o cuadrados y valores de 2 indican que las formas de los perímetros altamente lobulados (McGarigal and Marks, 1996).

En el cuadro 4 se observa para el bosque latifoliado un patrón de decrecimiento significativo del valor promedio del índice de forma pasando de  $4.60 \pm 0.85$  en 1983 a  $1.67 \pm 0.51$  en el 2005 y  $1.58 \pm 0.43$  en el 2015; adicionalmente, la relación promedio área también muestra la misma tendencia, pasando de 19.32 en el año 1983 a  $1.69 \pm 0.46$  en el 2005 y  $1.71 \pm 0.61$  en el 2015. Por otro lado, el bosque de pino tiene la misma tendencia para ambas métricas, con excepción en la relación de los años 2005 y 2015. El índice de forma es mayor en este bosque en el año 1983 con un valor de  $3.60 \pm 2.25$ , disminuyendo en el 2005 a  $1.69 \pm 0.46$  y aumentando en el 2015 a  $1.71 \pm 0.61$ . La relación promedio área también muestra la misma tendencia, pasando de 38.87 en 1983 a 1.74 en el 2005 y 3.29 en el 2015.



Relacionando esta información con la presentada en el cuadro 3, se deduce que el bosque latifoliado de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, ha sufrido un efecto de fragmentación, evidenciado por la cantidad de pequeños parches que actualmente existen; aunque la forma de los parches es relativamente regular (se acercan a un círculo), al menos este último factor es positivo para la conservación de diversidad biológica de flora y fauna silvestre de interior de bosque, ya que si los parches fueran de pequeño tamaño y muy irregulares, el efecto de borde tendría un fuerte impacto en los ambientes de interior de bosque en donde sobresalen especies muy específicas de esos ambientes (Echeverría et al., 2007).

**Cuadro 4.** Resumen comparativo de las métricas relacionadas con el perímetro y la forma calculado para las clases de uso bosque latifoliado y bosque de pino.

| Tipo de bosque | Métricas | Años      |           |           | Valor de p |
|----------------|----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                |          | 1983      | 2005      | 2015      |            |
| Latifoliado    | MSI      | 4.60±0.85 | 1.67±0.51 | 1.58±0.43 | <0.0001    |
| Pino           | MPAR     | 19.32     | 1.50      | 1.82      | -----      |
|                | MSI      | 3.60±2.25 | 1.69±0.46 | 1.71±0.61 | 0.0001     |
|                | MPAR     | 38.87     | 1.74      | 3.29      | -----      |

MSI= Índice de forma promedio; MPAR= Relación perímetro/área promedio (m/ha).

La forma del parche adquiere un papel importante ya que entre más complejo sea su forma es menor la densidad de regeneración de especies asociadas con el pino, esto puede deberse a que cuanto más irregular es la forma de un parche mayor es el área de borde, lo cual tiene grandes implicaciones para la dispersión de semillas y el movimiento de animales (Forman & Godron 1981, Forman, 1995). De igual forma la relación perímetro/área determina que mientras más parecida es la forma del fragmento a un círculo del mismo tamaño (100% de concordancia), el fragmento tendría menos perímetro y por lo tanto menos efecto de borde (Forman, 1997).

Las formas compactas son efectivas para proteger los recursos interiores contra los efectos del ambiente exterior; por eso, los fragmentos más alargados son menos efectivos para la conservación de los recursos internos que los fragmentos redondeados. Esto es particularmente verdadero en la protección de especies de hábitat interior y especies intolerantes a la actividad humana (Forman 1995).

Las formas y el tamaño de los parches influyen en los procesos ecológicos, como la dispersión de los organismos, la migración entre parches, las interacciones entre especies, la colonización, son afectados por las formas de los parches, en la mayoría de los casos por el efecto de borde (Matteucci, 2004).

#### **4.1.3. Comparación multitemporal del área núcleo del bosque latifoliado y bosque de pino**

Determinar el área núcleo es importante porque representa el área efectiva en donde los organismos de interior de bosque pueden sobrevivir, ya que a mayor área central tiene un menor efecto de borde hacia su interior (McGarigal, 2002) lo preferible son áreas de interior más grande lo cual, evidentemente, está relacionada con el tamaño del parche y la complejidad de sus bordes ya que un parche perforado puede tener poca o ninguna área interior (Forman, 2002).

Las áreas núcleos se cuantificaron tanto para el bosque latifoliado como para el bosque de pino, ambos bosques presentan tendencias relativamente diferentes pero similares al comportamiento de las métricas antes analizadas. En el cuadro 5 se observa, para el bosque latifoliado, que los valores de las tres métricas disminuyen de acuerdo al gradiente de tiempo 1983–2005–2015, siendo muy marcado entre el año 1983 y los otros dos años. Esto demuestra que las áreas núcleos se han visto seriamente afectadas en el bosque latifoliado. Para el bosque de pino, las áreas núcleos han disminuido considerablemente comparadas entre 1983 y los años 2005–2015; sin embargo, se pudo visualizar un incremento de los valores de todas estas métricas del año 2005 al 2015.

**Cuadro 5.** Comparación de las métricas relacionadas con el área núcleo en los tres años en cuestión para las clases de uso bosque latifoliado y bosque de pino.

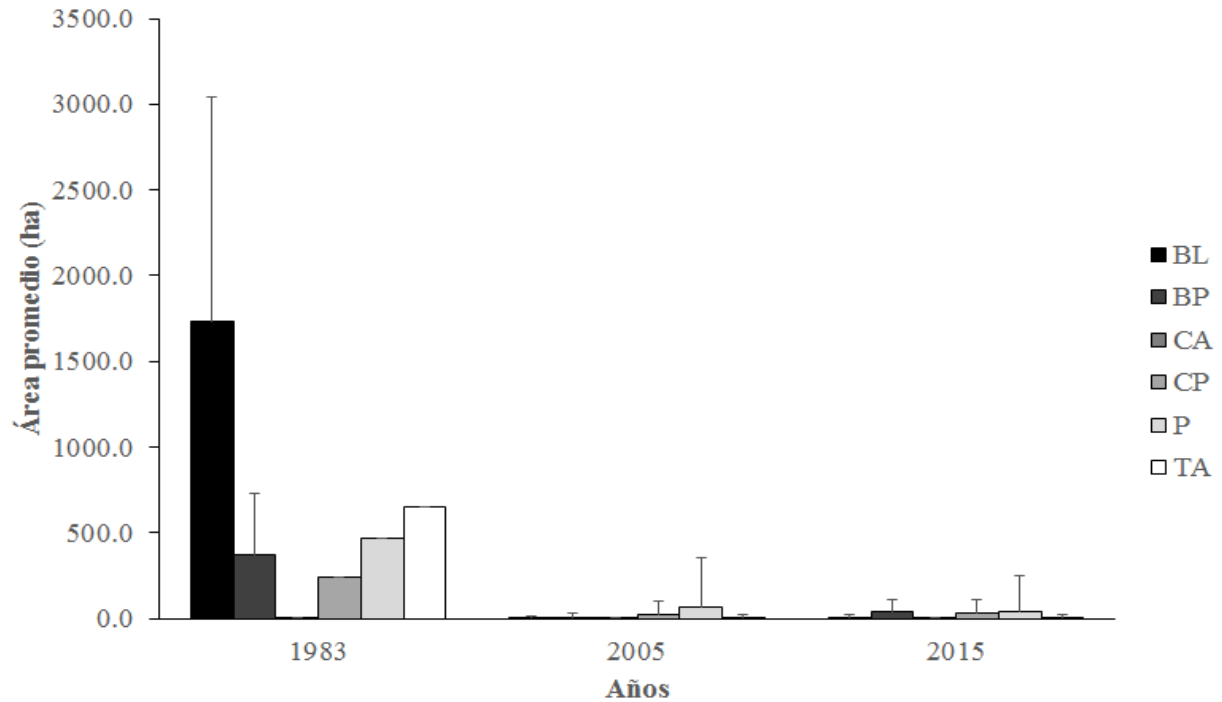
| Tipo de bosque | Métrica | Años      |              |              | Valor de p |
|----------------|---------|-----------|--------------|--------------|------------|
|                |         | 1983      | 2005         | 2015         |            |
| Latifoliado    | TCA     | 26223.58  | 147.95       | 159.67       | -----      |
|                | CAI     | 0.2±0.2   | 0.0007±0.001 | 0.0004±0.001 | <0.0001    |
|                | MCAP    | 58.7±7.8  | 9.5±10.0     | 7.4±7.5      | <0.0001    |
| Pino           | TCA     | 4500.98   | 260.55       | 1059.47      | -----      |
|                | CAI     | 0.03±0.03 | 0.001±0.004  | 0.004±0.01   | 0.0010     |
|                | MCAP    | 28.4±12.8 | 8.8±12.1     | 18.2±15.2    | 0.0585     |

TCA= Suma del área núcleo en ha; CAI= Índice de área núcleo; CARP= Media del porcentaje de las áreas núcleos en relación a las áreas de los parches.

#### 4.1.4. Cambio en el tamaño, número de parches y tamaño total del área del bosque latifoliado y de pino en el tiempo en relación al resto de las clases de uso

Después de haber evidenciado que el bosque latifoliado ha sufrido un proceso de fragmentación en el gradiente de tiempo 1983 – 2005 – 2015 y que el bosque de pino también ha sufrido el mismo proceso, pero con una recuperación entre los años 2005 – 2015, es de importancia el relacionar el cambio en el tamaño, número de parches y tamaño total del área del bosque latifoliado y de pino en el tiempo con los cambios en las otras clases de uso de suelo en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, ya que a medida que aumenta el número de parches disminuye el tamaño del parche, esto en 2005, mientras que en el 2015, los parches aumentan su tamaño y se reduce el número de parches. Esto es demuestra el proceso de recuperación que ha desarrollado principalmente el bosque de pino.

La figura 5 muestra que para el año 1983 la mayor parte del área estaba cubierta por bosque latifoliado en primer lugar y bosque de pino, además de tacotales, pasturas y cultivos perennes tales comocafé y musáceasen segundo lugar. En los siguientes años, el área promedio del bosque se redujo asociado a un aumento del área promedio principalmente del pasto y de cultivos perennes en el 2005, para el año 2015 se observa aumento del pasto, los cultivos perennes y el bosque de pino. La reducción del tamaño del hábitat es una de las mayores causas de extinción de especies (Tilmanet al., 1994). Por esta razón, el tamaño de un fragmento es un factor significativo, por ejemplo, cuando se necesita conservar una especie o un grupo de especies a escala local e incluso global.



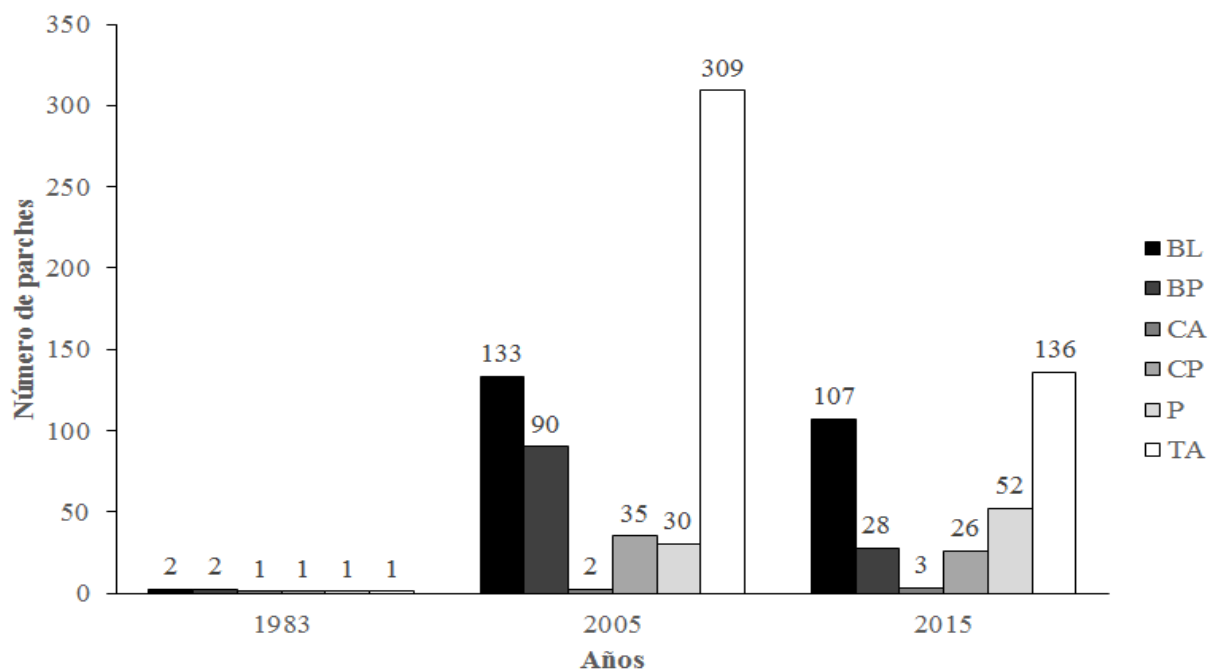
**Figura 5.** Promedio de área en ha y su error estándar para seis clases de uso de suelo por los años en cuestión.

Según SINAP (2009), después del año 1983 se conformó la cooperativa “Carlos Ulloa” que sometieron al bosque constantemente a tala y quemas para la agricultura, el establecimiento de pastos, incendios forestales, ataque de plaga del *Dentroctonus frontalis* en el año 2002, estas causas contribuyeron al cambio en el tamaño, número de parches y tamaño total del área del bosque latifoliado y de pino en el tiempo en relación al resto de las clases de uso del suelo; sin embargo, también es notorio esa recuperación del bosque de pino, el cual, y según los entrevistados, el aumento del bosque de pino se debe a la reforestación, estableciéndose en propiedad del Sr. Ricardo Oliu la cantidad de 135 ha de *pinus patula, ssp tecumumanii*.

El bosque latifoliado de 1983 al 2015, se ha reducido de una forma acelerada la masa forestal, por lo que se han identificado diversas causas de deforestación, siendo las principales la actividad económica de la gente; que está transformando el ecosistema de nebliselva, disminuyendo el área para dar paso al café bajo sombra y a sol abierto, lo que viene a disminuir su capacidad de infiltración. El cultivo del café en las zonas altas; ha aumentado su cobertura de siembra en tal manera que ha eliminado la cobertura del bosque latifoliado, limitando la

movilización de la fauna silvestre, en especial a los mamíferos terrestres y arbóreos (SINAP, 2009).

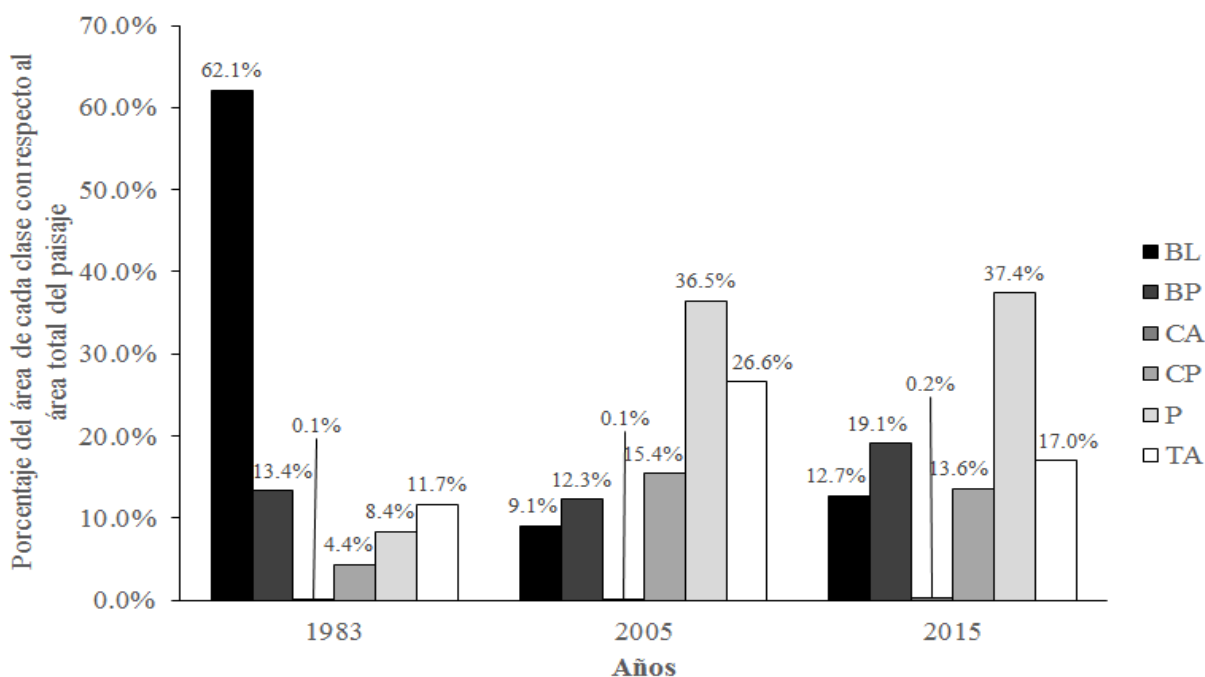
El número de parches de cada uso de suelo en el año 1983 es muy bajo, para el bosque solamente se cuentan dos por cada tipo de bosque (latifoliado y de pino), al transcurrir hacia el año 2005 se cuentan mayor cantidad de parches, en especial del uso tacotal; seguido de los bosques tanto latifoliado como de pino; adicionalmente, el número de parches de áreas productivas (agrícola y ganadera) también se presentan en mayores cantidades. Para el año 2015 es observable una reducción del número de parche para los usos tacotal, los bosques y el cultivo perenne, a la vez que se observa aumento del número de parches del uso Pasto (Figura 6).



**Figura 6.** Número de parches para las clases de uso de suelo.

Es notorio que el número de parches se redujo de forma más evidente para el bosque latifoliado, lo que concuerda con lo mostrado en el cuadro 3, en donde se evidencia que la reducción del número de parches está asociado al aumento en el tamaño de los mismos. El bosque latifoliado tiene una cantidad menor de parches, pero su reducción no es mayor o igual al del bosque de pino, el número de parches en el bosque de pino se redujo 3.2 veces del año 2005 al 2015, mientras que el número de parches en el bosque latifoliado se redujo 1.2 veces.

En la figura 7 queda evidenciado que la mayor cantidad del territorio de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul estaba cubierto por el bosque latifoliado y en mucha menor medida por el bosque de pino, los tacotales y pasturas; en el año 2005. El bosque latifoliado sufrió una reducción severa, tal así que su área se muestra por debajo del área ocupada por el bosque de pino (el cual no sufrió reducción considerable), asociado a un aumento de los pastos, tacotales y cultivos perennes; en el año 2015, el bosque latifoliado no tiene incremento significativo en comparación con el bosque de pino, las áreas de pasto y cultivos perennes se mantiene casi constante y el área de tacotales se reduce en relación al 2005; esta relación nos da idea de que fueron áreas de tacotales los que más probablemente se transformaran en áreas de bosque de pino.



**Figura 7.** Porcentaje de área de cada clase de uso de suelo en relación al área total del paisaje.

La figura 8 ratifica que el bosque latifoliado fue el uso que más pérdida tuvo de los tres usos cuyas áreas disminuyeron del año 1983 al 2005, con una pérdida de 85% de su cobertura en relación al área total de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul. El aumento de las áreas de pasto y cultivos perennes, y en menor medida la conversión a tacotales, pueden haber tenido influencia directa en la reducción del bosque latifoliado de la reserva.

A pesar que del año 1983 al año 2005 se perdió una considerable cantidad de bosque latifoliado, lo que quedó en el año 2005 no se recuperó considerablemente en el período 2005 – 2015 (40%); sin embargo, el bosque de pino si tiene un aumento evidente entre el año 2005 y 2015 (55%) si consideramos lo perdido en el período 1983 – 2005 (8%). El uso que logra aumentar en términos de área es el uso cultivos anuales, entre los cuales se encuentran los cultivos de maíz, frijoles, hortalizas y calala.

En el período 2005 – 2015 el área destinada para cultivos perennes declinó un 12%, pero el pasto incluso aumento 3% más, siendo éste el uso que más ha aumentado en todo el período 1983 – 2015. Las áreas de tacaotal se redujeron en un 36% posiblemente convertidas a bosque, áreas de cultivos anuales o, en menor medida, pastizales.



**Figura 8.** Porcentaje de área ganada o perdida por clase de uso de suelo entre los años 1983 2005 y 2015.

## 4.2. Composición de la flora arborecente en el área de estudio

De manera general se registraron 881 individuos de árboles dentro de 20 parcelas de 20 x 50 m (0.1 hectáreas), distribuidas en toda el área de estudio, que representaron un área total de 2 ha. Estos individuos están agrupados en 38 especies, 33 géneros y 26 familias. Las especies más abundantes según las densidades promedio ( $\pm$  error estándar) fueron: *Croton panamensis* (Kl) Muell.Arg (280 $\pm$ 0.0 individuos/ha), *Hirtella triandra*, Sw (260 $\pm$ 34.5), *Pinus patula*, ssp *Tecunumanii*, Schiede & Deppe (240 $\pm$ 32.4), *Quercus oleoides*, Schlecht & Cham (160.7 $\pm$ 37.4), *Pinus oocarpa*, Schiede ex Schlecht (136.7 $\pm$ 16); y en menor medida *Cordia alliodora*, (Ruiz & Pavón) Oken (80), *Bourreria huanita* (Llave & Lex.) Hemsl (75 $\pm$ 12.3), *Lysiloma spp.*, (Schlecht) Benth (62 $\pm$ 17.7), *Quercus oocarpa*, Liebm (57.1 $\pm$ 12.6) y *Lonchocarpus minimiflorus*, J.D.Smith (53.3 $\pm$ 7.6); el resto de las especies tuvieron densidades promedio menores a 50 ind/ha.

La especie más abundante y con mayor peso ecológico es el *Croton panamensis*, (Kl) Muell. Arg. Todas las especies proveen bienes y servicios ambientales que son básicos para la vida humana y para preservar ecosistemas saludables. Dentro de estas especies se destaca el *Pinus patula* ssp *Tecunumanii*, Schiede & Deppe, por su importancia única como fuente genética, para el establecimiento de plantaciones a nivel comercial e industrial, siendo una de las más estudiadas y productivas a nivel de plantaciones.

Estos bosques constituyen ecosistemas que poseen atributos ecológicos, económicos y sociales especiales, importantes de mantener o incrementar a fin de procurar el uso sostenible de los recursos y el mantenimiento de valores relevantes de biodiversidad (Ordoñez, 2009). Constituyen un refugio para especies en peligro, ofrecen servicios críticos a nivel de ecosistema, son fundamentales para satisfacer las necesidades o para aspectos de identidad de las comunidades locales (PROARCA et al., 2004).

Los géneros más representados según el número de especies fueron *Ficus* (3 especies), *Pinus* (2) y *Quercus* (2), el resto de géneros estaba representado por una especie. Las familias más representadas según el número de especies fueron Fabácea (5 especies) y Moraceae (3), el resto de familia estaba representada por dos o menos especies.



Las especies solamente encontradas una vez en el área de estudio fueron: *Bursera simarouba* (L) Sarg, *Casearia tremula*, (Griceb) Wright, *Ficus lapathifolia*, *Ficus obtusifolia*, (Liebm.) Miq, *Hyeronima alchorneoides*, Allemao, *Inga densiflora*, Benth y *Muntingia calabura*, L.

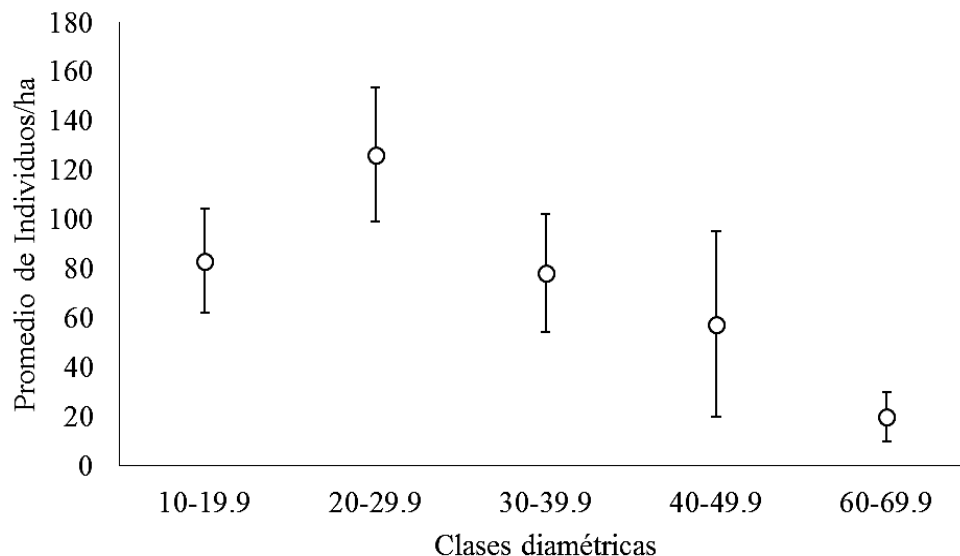
De manera general la densidad promedio fue mayor en los árboles pertenecientes a las clases diamétricas más pequeñas, pero la diferencia no fue significativa con el resto de clases ( $p=0.51$ ). En las dos clases de mayor tamaño (40-49.9 y 60-69.9cm) el valor del “n” era muy bajo (4 y 2 respectivamente), en relación con las otras clases, aunque sus valores de promedio de densidad sean menores, las diferencias se mostrarán no significativos. En orden descendente los valores de la densidad promedio por clase fueron:  $126.3\pm 27.2$  ind/ha, para la clase 20-29.9 cm,  $83.3\pm 21.0$  ind/ha, para 10-19.9 cm,  $78.3\pm 23.8$  ind/ha, para 30-39.9 cm,  $57.5\pm 37.7$  ind/ha, para 40-49.9 cm y  $20.0\pm 10.0$  ind/ha, para 60-69.9 cm (Figura 9).

La mayoría de los individuos se encuentra en las clases dimétricas de menor tamaño y se reporta una disminución gradual de los números de individuos desde la clase dimétricas medias a altas. Según Lamprecht (1990), es una característica típica de los bosques heterogéneos tropicales, lo cual garantiza la regeneración natural que repondrá los árboles maduros.

La escasez de individuos en las clases mayores, indica alteración por disturbio, como por ejemplo entresaca, incendios, competencia, cosecha de semillas, clima, insectos o enfermedades (Baker 1996). La mayoría de las especies del piso medio o inferior pertenecen al grupo de árboles menores de segundo o tercer porte, los cuales, no son capaces de alcanzar el piso superior, la reserva de árboles pequeños de las primeras clases de diámetro, son lo suficientemente abundantes para asegurar el equilibrio y sostenibilidad del bosque en un futuro (Lamprecht, 1990).

El bosque de coníferas es sobresaliente en todas las clases diamétricas, pero con densidades bajas de árboles en las clases diamétricas mayores, lo que significa que ha estado sometido a tala, quema y plagas forestales en años anteriores. Sin embargo, en las clases de 20 y 29.9, hay un mayor número de especies forestales, lo que significa que estos árboles están próximos a alcanzar su madures. La clase de 10 y 19.9, es la segunda clase con mayor representación de

árboles; el bosque se encuentra en estado de desarrollo ameritando todos los tratamientos Silviculturales, para favorecer su crecimiento volumétrico y de sanidad.



**Figura 9.** Promedio  $\pm$  error estándar de la densidad de árboles (ind/ha) distribuido por clases diamétricas (cm DAP).

Las especies más abundantes en la clase 10-19.9 cm fueron: *Pinus patula, ssp Tecumumanii* Schiede & Deppe ( $380 \pm 0.0$  ind/ha), *Quercus oleoides*, Schlecht & Cham ( $268.3 \pm 40.1$ ), *Pinus oocarpa*, Liebm ( $125 \pm 19.0$ ), *Quercus oocarpa*, Liebm ( $110 \pm 17.9$ ), *Lonchocarpus minimiflorus*, J.D.Smith ( $100 \pm 0.0$ ), *Lysiloma spp* (Schlecht) Benth ( $86.7 \pm 21.2$ ), *Hirtella triandra*, Sw ( $60 \pm 0.0$ ) y *Thespesia populnea*, Schalecht & Cham ( $50 \pm 0.0$ ). En la clase 20-29.9 cm fueron: *Hirtella triandra*, Sw ( $330 \pm 0.0$ ), *Pinus patula, ssp Tecumumanii*, Schiede & Deppe, ( $318 \pm 28.0$ ), *Croton panamensis*, (Kl.) Muell. Arg ( $280 \pm 0.0$ ), *Pinus oocarpa*, Liebm ( $160 \pm 0.0$ ), *Bourreria huanita*, (Llave Lex) Hemsl ( $130 \pm 0.0$ ), *Quercus oleoides*, Schlecht. & Cham ( $110 \pm 25.1$ ) y *Byrsonima crassifolia*, (L.) H.B.K.s.l ( $60 \pm 0.0$ ). En la clase 30-39.9 cm fueron: *Hirtella triandra*, Sw ( $325 \pm 32.4$ ), *Pinus patula*, Schiede & Deppe ( $177.5 \pm 27.0$ ) y *Cordia alliodora*, (Ruiz & Pavón) Oken. ( $80 \pm 0.0$ ), y las únicas especies en las clases 40-49.9 y 60-69.9 fueron: *Pinus patula, ssp Tecumumanii*, Schiede & Deppe ( $100 \pm 15.7$ ), *Platymiscium pleiostachyum*,

J.D.Smith (30±0.0), *Bourreria huanita*, (LlaveLex) Hemsl (20±0.0), *Byrsonima crassifolia*, (L.) H.B.K.s.l (10±0.0), y *Quercus oleoides*, Schlecht. & Cham (10±0.0) (Cuadro 6)

**Cuadro 6.** Promedio ± error estándar de la densidad de árboles (ind/ha) distribuido por especies (más abundantes) y clases diamétricas (cm DAP).

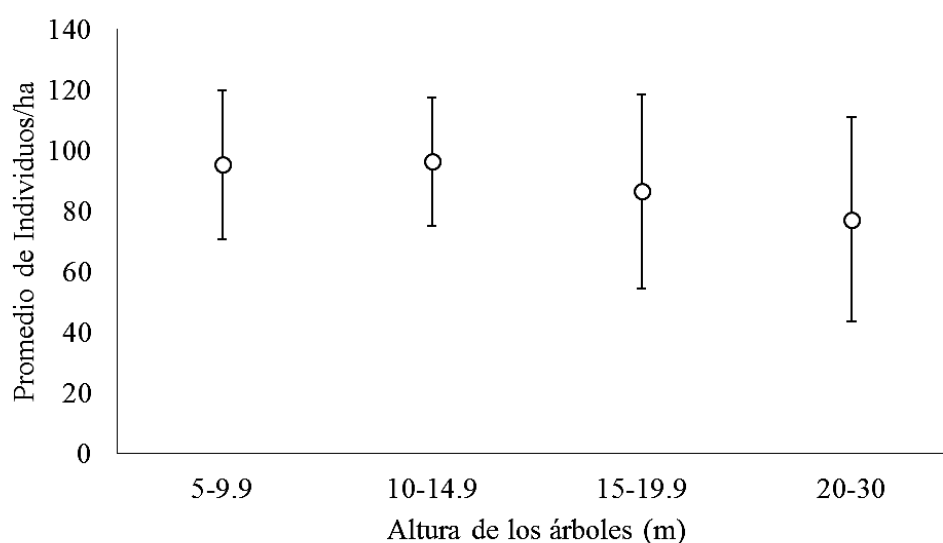
| Clase diamétrica | Especie  | Densidad Promedio± EE |
|------------------|--|-----------------------|
| 10-19.9          | <i>Pinus patula, ssp Tecumumanii</i> , Schiede & Deppe | 380±0.0               |
|                  | <i>Quercus oleoides</i> , Schlecht.& Cham              | 268.3±40.1            |
|                  | <i>Quercus oocarpa</i> , Liebm                         | 110±17.9              |
|                  | <i>Lonchocarpus minimiflorus</i> , J.D.Smith           | 100±0.0               |
|                  | <i>Lysiloma spp</i> (Schlecht) Benth                   | 86.7±21.2             |
|                  | <i>Hirtella triandra</i> , Sw                          | 60±0.0                |
| 20-29.9          | <i>Hirtella triandra</i> , Sw                          | 330±0.0               |
|                  | <i>Pinus patula, ssp Tecumumanii</i> , Schiede & Deppe | 318±28.0              |
|                  | <i>Croton panamensis</i> (Kl.) Muell. Arg              | 280±0.0               |
|                  | <i>Pinus oocarpa</i> , Schiede ex Schlecht             | 160±0.0               |
|                  | <i>Bourreria huanita</i> , (Llave Lex)Hemsl            | 130±0.0               |
|                  | <i>Quercus oleoides</i> , Schlecht.& Cham              | 110±25.1              |
|                  | <i>Byrsonima crassifolia</i> , (L.) H.B.K. s.l         | 60±0.0                |
| 30-39.9          | <i>Hirtella triandra</i> , Sw                          | 325±32.4              |
|                  | <i>Pinus patula, ssp Tecumumanii</i> , Schiede & Deppe | 177.5±27.0            |
|                  | <i>Cordia alliodora</i> , (Ruiz & Pavón) Oken          | 80±0.0                |
| 40-49.9          | <i>Bourreria huanita</i> , (Llave Lex) Hemsl           | 20±0.0                |
|                  | <i>Byrsonima crassifolia</i> , (L.) H.B.K.sl           | 10±0.0                |
|                  | <i>Pinus patula, ssp Tecumumanii</i> , Schiede & Deppe | 100±15.7              |
| 60-69.9          | <i>Platymiscium pleiostachyum</i> , J.D. Smith         | 30±0.0                |

En orden descendente los valores de la densidad promedio por clases de altura fueron: 10-19.9 cm (96.3±21.2ind/ha), 5-9.9 (95.3±24.5ind/ha), 15-19.9 cm (86.5±31.1ind/ha) y 20-30 (77.3±33.8ind/ha), la diferencia en términos de altura no fue significativa (p=0.9) (Figura 10).

Las especies encontradas en las clases media hacia las de menor tamaño, mencionadas en la (Figura 10) son muy importantes ya que son especies que se están adaptando a las condiciones

del sitio y están superando los diferentes procesos ecológicos que gobierna la fase de sucesión, así mismo la mayoría de estas especies constituyen el recurso que repondrá los árboles maduros, es decir la base para la renovación, continuidad y la coexistencia de la diversidad del ecosistema forestal (Wang & Smith, 2002, citados por Norden, 2014).

Cabe mencionar que la estructura vertical (Figura 10) presenta el mismo patrón que la estructura horizontal, con abundancia de individuos en las clases de tamaños menores y a medida que aumenta la altura disminuye proporcionalmente el número de individuos.



**Figura 10.** Promedio  $\pm$  error estándar de la densidad de árboles (ind/ha) distribuido por clases altura (m)

Las especies más abundantes en la clase de altura 5-9.9 m fueron: *Quercus oleoides*, Schlecht. & Cham ( $275 \pm 38.1$  ind/ha), *Pinus patula*, ssp *Tecumumanii*, Schiede & Deppe ( $160 \pm 0.0$ ), *Pinus oocarpa*, Schiede ex Schlecht ( $125 \pm 19.0$ ), *Quercus oocarpa*, Liebm ( $110 \pm 17.9$ ), *Lysiloma spp.* (Schlecht) Benth ( $86.6 \pm 21.2$ ) *Hirtella triandra*, Sw ( $60 \pm 0.0$ ); en la clase 10-14.9 fueron: *Hirtella triandra*, Sw ( $470 \pm 0.0$ ), *Croton panamensis*, (Kl.) Muell. Arg ( $280 \pm 0.0$ ), *Pinus patula*, ssp *Tecumumanii*, Schiede & Deppe ( $244 \pm 28.3$ ), *Pinus oocarpa*, Schiede ex Schlecht ( $160 \pm 0.0$ ), *Lonchocarpus minimiflorus*, J.D.Smith ( $100 \pm 0.0$ ), *Quercus oleoides*, Schlecht. & Cham ( $95 \pm 24.1$ ), *Cordia alliodora*, (Ruiz & Pavón) Oken ( $80 \pm 0.0$ ) y *Byrsonima crassifolia*, (L.) H.B.K.s.l ( $60 \pm 0.0$ ); en la clase 15-19.9: *Pinus patula*, ssp *Tecumumanii*, Schiede & Deppe

(266.7±48.0), *Hirtella triandra*, Sw (255±16.8) y *Bourreria huanita*, (Llave Lex) Hemsl (75±12.3); en la clase 20-30: *Pinus patula*, ssp *Tecumumanii*, (233.3±20.0) (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Promedio ± error estándar de la densidad de árboles (ind/ha) distribuido por especies (más abundantes) y clases altura (m).

| Clase de altura  | Especie  | Densidad Promedio ± EE        |
|--|--|-------------------------------|
| 4-9.9  | <i>Quercus oleoides</i> , Schlecht.& Cham                      | 275±38.1                      |
|  | <i>Pinus patula</i> , ssp <i>Tecumumanii</i> , Schiede & Deppe | 160±0.0                       |
|  | <i>Pinus oocarpa</i> , Schiede ex Schlecht                     | 125±19.0                      |
|  | <i>Quercus oocarpa</i> , Liebm                                 | 110±17.9                      |
|  | <i>Lysiloma spp.</i> , (Schlecht) Benth                        | 86.7±21.2                     |
|  | <i>Hirtella triandra</i> , Sw                                  | 60±0.0                        |
|  | 10-14.9  | <i>Hirtella triandra</i> , Sw |
| <i>Croton panamensis</i> , (Kl) Muell. Arg                     |  | 280±0.0                       |
| <i>Pinus patula</i> , ssp <i>Tecumumanii</i> , Schiede & Deppe |  | 244±28.3                      |
| <i>Pinus oocarpa</i> , Schiede ex Schlecht                     |  | 160±0.0                       |
| <i>Lonchocarpus minimiflorus</i> , J.D.Smith                   |  | 100±0.0                       |
| <i>Quercus oleoides</i> , Schlecht.& Cham                      |  | 95±24.1                       |
| <i>Cordia alliodora</i> , (Ruiz & Pavón) Oken                  |  | 80±0.0                        |
| <i>Byrsonima crassifolia</i> , (l) H.B.K.s.l                   |  | 60±0.0                        |
| 15-19.9  | <i>Pinus patula</i> , ssp <i>Tecumumanii</i> , Schiede & Deppe | 266.7±48.0                    |
|  | <i>Hirtella triandra</i> , Sw                                  | 255±16.8                      |
|  | <i>Bourreria huanita</i> , (Llave Lex) Hemsl                   | 75±12.3                       |
| 20-30  | <i>Pinus patula</i> , ssp <i>Tecumumanii</i> , Schiede & Deppe | 233.3±20.0                    |

### 4.3. Recomendaciones para conservar los remanentes actuales de bosque

- ✓ Manejar el bosque de pinares, mediante la aplicación de tratamientos silviculturales, en función de las condiciones biológicas y de la distribución espacial que presentan los árboles de cada rodal, ya que, por falta de manejo, algunas características genéticas fenotípicas del *Pinus patula ssp Tecunumanii*, se han ido perdiendo; especie de importancia única como fuente de semillas, para el establecimiento de plantaciones a nivel comercial e industrial.
- ✓ Para apoyar la conservación del bosque latifoliado en las áreas utilizadas en el uso agropecuario, se recomienda implementar sistemas agroforestales, esto repercutirá en una mejora en la estructura, conectividad del paisaje y puede ser una herramienta estratégica para aumentar el valor agregado a la producción de fincas de pequeños productores, debido a los servicios agroforestales, ecológicos y ambientales que podría brindar. Esto debe de estar de acuerdo a la concordancia con la zonificación general del área protegida.
- ✓ Restaurar la cobertura forestal del bosque de *Pinus patula, ssp Tecunumanii*, mediante el establecimiento de plantaciones forestales y manejo de la regeneración natural. Este deberá realizarse a corto y mediano plazo.
- ✓ Gestionar recursos para la elaboración y ejecución de planes de finca que permitan planificar e implementar el uso racional y sostenible del terreno en las fincas, contribuyendo a la conservación del ambiente y al mejoramiento de la productividad y la rentabilidad. La ubicación de las fincas deberá estar en concordancia con la zonificación general del área protegida, y deberán definir actividades para el corto, mediano y largo plazo en función de alcanzar la sostenibilidad integral de la finca.
- ✓ Implementar incentivos forestales a dueños de pequeñas extensiones de tierra de vocación forestal, con el objetivo de conservar, estimular el cultivo de especies forestales y el manejo sostenible de bosques o plantaciones forestales.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ El análisis comparativo de los bosques para las tres fechas (1983, 2005, 2015) muestra que el paisaje de la Reserva de Recursos Genéticos está fragmentado; posiblemente asociado al incremento de áreas destinadas a pasto, cultivos perennes, cultivos anuales y tacotales. Sin embargo las métricas de paisajes reflejan una reducción muy marcada de la cobertura forestal del bosque latifoliado y de pino en el periodo 1983 al 2005, mientras que del año 2005 al 2015, se evidencio un aumento de la cobertura forestal principalmente del bosque de pino.
- ✓ El proceso de fragmentación ha impactado más en el bosque latifoliado, que se encuentra en la parte alta de la Reserva de Recursos Genéticos de Yúcul, donde se ha sustituido el bosque, para dar paso a cultivos de café y pastizales.
- ✓ Las recomendaciones están orientadas desde el punto de vista forestal a fin de mitigar el avance de la fragmentación y contribuir a la preservación del paisaje forestal de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul.
- ✓ En los parches remanentes de considerables tamaños, de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul, la flora arborescente, esta principalmente representada por las especies *Croton panamensis*, *Hirtella triandra*, *Pinus patula*, *ssp Tecumumanii*, *Quercus oleoides* y *pinus oocarpa*. Todas estas especies son típicas de los bosques de la zona; no obstante, su composición florística presenta un bajo número de especies con una estructura horizontal que se asemeja a la de un bosque heterogéneo irregular natural no manejado.

## VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Implementar un sistema de monitoreo, a través de parcelas permanentes de muestreos (PMP) con el fin de conocer y evaluar los cambios en el bosque de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul. Dicha información será utilizada para construir, mejorar o actualizar modelos o procesos estadísticos que son empleados para entender mejor y predecir el desarrollo del bosque o rodal e identificación de indicadores para el manejo sostenible del bosque.
- ✓ Incrementar el número de parcelas y su distribución en otros sitios que presentan parches de bosque latifoliado y de conífera, para realizar un estudio más detallado de la flora arborecente. A fin de generar información precisa de la riqueza de especies presentes en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul.
- ✓ Generar estudios en la Reserva de Recursos Genéticos, para especies forestales de *Crotón panamensis*, *Pinus patula ssp Tecunumanii*, *Hirella triandra*, por su valor ecológicos y permitan conocer el incremento de estas.
- ✓ Tramitar el respectivo permiso ante la Dirección General de Áreas protegidas, en futuros estudios, dentro de la Reservade Recursos Genéticos Yúcul, según lo recomienda el Plan de Manejo de la Reserva.
- ✓ Diseñar una estrategia para el control efectivo del cambio de uso del suelo, en la que exista participación activa y articulada de las instituciones competentes y las comunidades involucradas a orientar la conciencia ambiental.



## VII. LITERATURA CITADA

- Asociación de Municipios Productivos del Norte 2008. *Diagnóstico del Plan de Ordenamiento y Desarrollo Territorial*. Matagalpa San Ramón.
- Baker, J.B. 1996. Uneven-aged silviculture for the loblolly and shortleaf pine forest cover types. United States Forest Service, Southern Research Station. Monticello, Arkansas.
- Butterfield, R. P. 1994. The regional context: land colonization and conservation in Sarapiquí. *La Selva: Ecology and natural history of a Neotropical rain forest*, 299-306.
- CROOKS, K. Y SANJAYAN, M. (Eds.) 2006: *Connectivity conservation*. Cambridge University Press, Cambridge.
- CATIE, 1986. *Silvicultura de especies promisorias para producción de leña en América Central*, Turrialba, Costa Rica. 220 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza, CR). 2002. *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. Eds. L. Orozco; C, Brumer. 4. Ed. Turrialba, CR. 264 p.
- Echeverría, C., A. Newton, A. Lara, J. Rey Benayas y D. Coomes 2007. Impacts of forest fragmentation on species composition and forest structure in the temperate landscape of southern Chile. *Global Ecology and Biogeography* 16: 426-439.
- FAHRIG, L. 2003: «Effects of habitat fragmentation on biodiversity». *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34: 487-515.
- FAO 1997, *State of the world forests 1997*.
- Forman, R. T., & Godron, M. 1981. Patches and structural components for a landscape ecology. *Bio Science*, 31 10, 733-740.
- Forman, R. 1995. *Land Mosaics. The Ecology of Landscape and Regions*. Cambridge University Press. New York, USA.
- Forman, R.T.T. 1997. *Land mosaics. The ecology of landscapes and regions*. Cambridge University Press. Cambridge. Inglaterra p. 142.

- Forman, R. T. T. 2002. Foreword. Pages vii - x in K. J. Gutzwiller, editor. Applying landscape ecology in biological conservation. Springer, New York, New York, USA.
- Granados, B. D. A. C., & Díaz, P. D. V. 2007. Evaluación de la Diversidad Genética de Poblaciones Naturales de *Pinus ssp Tecunumanii* Eguluz & JP Perry de Nicaragua Mediante el Uso de Marcadores RAPDs.
- Holdridge, L.R., 1972. Ecología basada en las zonas de vida ICA, San José Costa Rica. 216 p.
- Holdridge, L.R. 1979: Ecología basada en zonas de vida. Ed. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José. 216 págs. BUSCAR SI APACE.
- INAFOR 2008. Inventario Forestal de Nicaragua. Instituto Nacional Forestal. Managua, Nicaragua. 232 pp.
- Laurence, W.F. 1999. Habitat fragmentation: introduction and synthesis. *Biological Conservation*, 91: 101-107.
- Lamprecht, H. 1990. Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas – posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido. Eschborn, República Federal de Alemania, GTZ, San Diego.
- Montagnini, F. 1994. Agricultural systems in the La Selva region. *La Selva: ecology and natural history of a neotropical rainforest*. University of Chicago Press, Chicago, 307-316.
- McGarigal and Marks, 1996. Nomenclatura, formulación y descripción de los índices espaciales del paisaje utilizados.
- McGarigal, K. 2002. Landscape pattern metrics. *Encyclopedia of environmetrics*.
- Matteucci, D. (2004). Los índices de configuración del mosaico como herramienta para el estudio de las relaciones patrón-proceso. *Memorias del Primer Seminario Argentino de Geografía Cuantitativa*.
- Norden, N. 2014. Del porqué la regeneración natural es tan importante para la coexistencia de especies en los bosques tropicales. *Colombia Forestal*, 17(2)247-261.
- Ordoñez, Y. 2009. Identificación de bosques de alto valor de conservación dentro del Consolidado Orotongo, Puerto Maldonado, Perú. Introducción y consideraciones generales. Puerto Maldonado, PE: Consolidado Forestal Orotongo. 33 p.
- PRIMACK, R. 2002: *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Sunderland.

- PROARCA (Programa Ambiental Regional para Centro América); CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR); Oregon State University. 2004. Monitoreo ecológico del manejo forestal en el trópico húmedo: una guía para operadores forestales y certificadores con énfasis en bosque de alto valor de conservación. Anexo A: principios 6,8 y 9 del FSC. 1era impresión. WWF Centroamérica. 124 p.
- Ruiz, V., Savé, R., & Herrera, A. 2013. Análisis multitemporal del cambio de uso del suelo, en el Paisaje Terrestre Protegido Miraflores Moropotente Nicaragua, 1993–2011. *Ecosistemas*, 22(3).
- Sistema Nacional de Áreas Protegidas 2009. Plan de Manejo de la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul. 135 pág.
- Stevens, W. 2001. Introducción de vegetación. W. Stevens, C. Ulloa, A. Pool, O. Montiel, O. (eds.). *Flora de Nicaragua*, 1-23. Sáenz, G; Finegan, B. 2000. Monitoreo de la regeneración natural con fines de manejo forestal. N° 15. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Salas, E.J.B., 1982. Ecosistemas forestales de los trópicos en el Departamento de Matagalpa. (Zonificación de la vegetación o formaciones vegetales). IRENA, Servicio forestal Nacional, sección de Ecología. Managua Nicaragua. 157p. BUSCAR SI PARECE
- Salas, R. y Boshier, D., 1989. Establecimiento y manejo de rodales semilleros de especies forestales prioritarias en Centro América. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 77 p. BUSCAR SI APARECE
- Tilman, D., R.M. May, C.L. Lehman y M.A. Nowak 1994. Habitat destruction and the extinction debt. *Nature* 371: 65-66. Unwin, D. 1979. *Introductory spatial analysis*. Methuen and Corporation, New York, USA.

## VIII. ANEXOS

**Anexo 1.** Formato para el levantamiento de datos de la vegetación mayor de 10 cm en la Reserva de Recursos Genéticos Yúcul.

Coord. X \_\_\_\_\_

Coord. Y \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

| ID | N° Parcela | Tipo-Bosque | Nombre común | Nombre científico | Genero | Familia | DAP | Altura |
|----|------------|-------------|--------------|-------------------|--------|---------|-----|--------|
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |
|    |            |             |              |                   |        |         |     |        |

**Anexo 2.** Entrevistas a dueños de bosques sobre pérdida y aumento de la vegetación boscosa latifoliado y conífera.

| <b>ID</b> | <b>Nombre del entrevistado</b> | <b>Año</b> | <b>Perdida de la vegetación boscosa</b> | <b>Aumento de la vegetación boscosa</b> |
|-----------|--------------------------------|------------|---|---|
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |
|           |                                |            |   |   |

### **Anexo 3. Glosario**

**Análisis multitemporal:** Un análisis multitemporal implica un cruce digital de dos imágenes satelitales que previamente han sido clasificadas y que obligatoriamente guardan similitud en las clases y su leyenda, área, escala y proyección cartográfica utilizadas, de esta forma al cruzarlas digitalmente permite detectar las coberturas que han tenido cambio y cuantificar las coberturas que ganan o pierden área esto se conoce como dinámica de cambio, ya que supone que la pérdida de área para una determinada clase corresponde a la sustitución de la misma por otra cobertura cuya clase se encuentra reconocida al momento de la clasificación.

**Información Geográfica:** Datos espaciales georreferenciados requeridos como parte de las operaciones científicas, administrativas o legales.

**Imágenes satelitales:** Es la representación visual de la información capturada por un sensor montado en un satélite artificial. Estos sensores recogen información reflejada por la superficie de la tierra que luego es enviada a la Tierra y que procesada convenientemente entrega valiosa información sobre las características de la zona representada.

**Cobertura forestal:** Capa vegetal existente sobre la superficie del suelo, constituido por los elementos arbóreos, arbustivos y/o herbáceos. Cumple funciones de protección de la capa superficial del suelo, incrementa el contenido de materia orgánica y mejora su estructura.