

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL**

**CRECIMIENTO DIAMÉTRICO DEL BOSQUE SECO TROPICAL EN  
TRES ESTADIOS SUCESIONALES, PARQUE ESTADUAL DA MATA  
SECA, ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL.**

**TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO DE LICENCIATURA EN  
INGENIERÍA FORESTAL**



**SOFÍA C. CALVO-RODRÍGUEZ**

**MONTES CLAROS, BRASIL  
2012**

## **Crecimiento diamétrico del bosque seco tropical en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, estado de Minas Gerais, Brasil.**

### **Resumen**

Los bosques secos tropicales son los ecosistemas más amenazados y perturbados en Brasil. Este estudio tuvo como objetivo estimar el crecimiento diamétrico en tres estadios de sucesión en el Parque Estadual da Mata Seca, en el estado de Minas Gerais Brasil, mediante la medición anual de todos los árboles mayores a 5 cm de diámetro a la altura del pecho localizados en 18 parcelas de monitoreo (6 de cada estadio) de las sucesiones temprana, intermedia y tardía, durante 5 años (2006-2011). Con esta información se calculó los incrementos diamétricos anuales para cada individuo, y con esto se determinaron los incrementos diamétricos por estadio, parcela y por clase diamétrica. También se estimaron los tiempos de paso para cada clase diamétrica. Los resultados muestran los siguientes incrementos anuales: temprano (5,02 mm/año), intermedio (2,55 mm/año) y tardío (1,91 mm/año). Se encontró una alta similitud entre las parcelas del estadio intermedio y tardío en cuanto a incrementos, número de especies y su composición. Los mayores incrementos se encuentran en el estadio temprano en donde la clase diamétrica de 15-20 cm es la que posee mayores incrementos, en el intermedio es la clase de 30- 35 cm y en el tardío es la clase de 45- 50 cm. Las especies con mayor IVI y mayores incrementos son *Myracrodruon urundeuva* (9,33 mm/año) y *Mimosa hostilis* (10,35 mm/año). La mortalidad fue significativamente mayor en el estadio temprano con una tasa de 13,8%, el intermedio obtuvo 4,4% y el tardío 2,8%. El alto incremento diamétrico en el estadio temprano y las diferencias observadas entre estadios se asocian a la composición de especies y factores biofísicos que regulan el crecimiento y estructura de cada bosque.

**Palabras clave:** *parcelas permanentes, estadios sucesionales, composición y estructura del bosque, incremento corriente anual, mortalidad, bosque seco tropical, TropiDry, Brasil.*

## **Diameter growth of tropical dry forest in three successional stages in Parque Estadual da Mata Seca, state of Minas Gerais, Brazil.**

### **Abstract**

Tropical dry forests are the most threatened and disturbed ecosystems in Brazil. This study aimed to estimate the tree diameter growth in three stages of succession in Parque Estadual da Mata Seca in Minas Gerais, Brazil, with annual tree diameter measurement in 18 plots (6 of each stage) in the sucesional stages early, intermediate and late for 5 years (2006-2011). With this information it was calculated the annually diametric increases for each individual, each plot, stage, and diameter class. The results show the following annual increases per stage: early (5.02 mm / year), intermediate (2.55 mm / year) and late (1.91 mm / year). It was observed a high similarity between the plots of intermediate and late stage in terms of increments, number of species and composition. The higher increments are in the early stage where 15-20 cm diameter class is the one with major increments, in the intermediate is the 30 to 35 cm class and in the late is the 45-50 cm class. The species with higher IVI and higher increases are *Myracrodruon urundeuva* (9.33 mm / year) and *Mimosa hostilis* (10.35 mm / year). Mortality was significantly higher in the early stage with a rate of 13.8%, the intermediate was 4.4% and 2.8% the late stage. The high diameter increase in the early stage and the differences observed between stages are associated with species composition and biophysical factors that regulate growth and structure of each forest stage.

**Keywords:** *permanent plots, successional stages, composition and forest structure, diametric annual increment, mortality, tropical dry forest, TropiDry, Brazil.*

**Crescimento em diâmetro da floresta seca tropical em três estágios sucessionais,  
Parque Estadual da Mata Seca, estado de Minas Gerais, Brasil.**

**Resumo**

Florestas tropicais secas são os ecossistemas mais ameaçados e alterados no Brasil. Este estudo teve como objetivo estimar o crescimento em diâmetro de árvores em três estágios de sucessão no Parque Estadual da Mata Seca em Minas Gerais, Brasil, com medição anual de diâmetro em 18 parcelas (6 de cada estágio) nos estágios sucessionais inicial, intermediário e tardio em 5 anos (2006-2011). Com esta informação foi calculado o aumento anual diamétrico para cada indivíduo, parcela, estágio, e classes de diâmetro. Os resultados mostram os seguintes aumentos anuais por estágio: inicial (5,02 mm / ano), intermediário (2,55 mm / ano) e tardio (1,91 mm / ano). Observou-se uma elevada similaridade entre as parcelas de estágio intermediário e tardio em termos de incrementos de diâmetro, número de espécies e composição. Os incrementos mais elevados estão no estágio inicial, onde a classe de 15-20 cm de diâmetro é a classe com maiores incrementos, no intermediário é a classe de 30 a 35 cm e no tardio é a classe de 45-50 cm. As espécies com maior IVI e maiores incrementos são *Myracrodruon urundeuva* (9,33 mm / ano) e *Mimosa hostilis* (10,35 mm / ano). A mortalidade foi significativamente mais elevada no estágio inicial, com uma taxa de 13,8%, o intermediário foi de 4,4% e 2,8% no estágio tardio. O elevado incremento do diâmetro no estágio inicial e as diferenças observadas entre os estágios estão associadas com a composição de espécies e fatores biofísicos que regulam o crescimento e a estrutura de cada estágio na floresta.

**Palavras chave:** *parcelas permanentes, estágios sucessionais, composição e estrutura da floresta, incremento corrente anual, mortalidade, floresta seca tropical, TropiDry, Brasil.*

Esta tesis de graduación ha sido aceptada por el Tribunal Evaluador de la Escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y aprobada por el mismo como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura.

**Crecimiento diamétrico del bosque seco tropical en tres estadios sucesionales, Parque Estadual da Mata Seca, estado de Minas Gerais, Brasil.**

**Miembros del tribunal**

---

**Julio C. Calvo Alvarado, Ph.D.**  
**Escuela de Ingeniería Forestal**  
**Director de tesis**

---

**Dorian Carvajal Vanegas Lic.**  
**Escuela de Ingeniería Forestal**  
**Lector**

---

**Ruperto Quesada Monge, Ph.D.**  
**Escuela de Ingeniería Forestal**  
**Lector**

### ***Dedicatoria***

*A mis padres Julio y María Elena por su gran ejemplo de esfuerzo y dedicación, por su amor y apoyo incondicional, por creer en mí y ayudarme siempre a tomar las mejores decisiones para mi vida.*

*A mis hermanos y familia que con mucho cariño siempre me han apoyado.*

## **Agradecimientos**

Al profesor Mário M. Espírito-Santo por brindarme la oportunidad de realizar este trabajo en Brasil, muchas gracias por recibirme y por toda su ayuda.

Al profesor Dorian Carvajal Vanegas por sus sugerencias y guía en la realización de esta tesis, muchas gracias por su ayuda y consejos.

A la bióloga Sandra M. Durán por toda su colaboración y apoyo brindado.

A la profesora Yule Roberta Ferreira Nunes y la bióloga Giovana Rodrigues da Luz por el aporte con las bases de datos.

Al profesor Ruperto Quesada por sus sugerencias en la realización de esta tesis.

Al profesor Arturo Sánchez por financiar parte de esta tesis y confiar en mí para la realización del trabajo.

Al Laboratorio de Ecología y Propagación Vegetal y al Laboratorio de Ecología Evolutiva en el Departamento de Biología, Universidad Estadual de Montes Claros por brindarme apoyo y ayuda con los datos.

A la escuela de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica, a todos los profesores y administrativos.

A la ASEFOR y a los compañeros y amigos que durante 5 años convivimos en el TEC como una familia.

Este trabajo se realizó gracias al esfuerzo de TROPI-DRY: “Dimensiones Humanas, Ecológicas y Biofísicas de los Bosques Secos Tropicales”; proyecto desarrollado por una red de investigación respaldada por el Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) CRN II # 021, y financiada por el US National Science Foundation (Grant GEO-0452325) y la Vicerrectoría de Investigación del Instituto Tecnológico de Costa Rica por su financiamiento.



## INDICE GENERAL

Resumen .....	2
Abstract.....	3
Resumo .....	4
MIEMBROS DEL TRIBUNAL .....	5
DEDICATORIA .....	6
AGRADECIMIENTOS .....	7
INDICE GENERAL.....	9
INDICE DE CUADROS .....	10
INDICE DE FIGURAS .....	11
INDICE DE ANEXOS .....	12
1. INTRODUCCIÓN .....	13
2. OBJETIVOS.....	14
2.1 Objetivo General.....	14
2.2 Objetivos Específicos .....	14
3. MARCO TEÓRICO .....	15
3.1 Bosque seco tropical .....	15
3.2 Distribución de Bosque seco tropical en América Latina y Brasil .....	15
3.3 Índice de valor de importancia .....	17
3.4 Incremento corriente anual .....	18
3.5 Tiempo de paso.....	18
4. METODOLOGÍA .....	19
4.1 Descripción del sitio de estudio .....	19
4.2 Localización.....	19
4.3 Clima .....	20
4.4 Suelos .....	20
4.5 Paisaje .....	21
4.6 Descripción de los estadios sucesionales de Mata Seca .....	22
4.7 Diseño experimental.....	23
4.8 Análisis de datos .....	24
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
5.1 Composición florística e índices de diversidad .....	27
5.2 Crecimiento .....	31
5.3 Incrementos por Estadio.....	32
5.4 Incrementos por parcela .....	35
5.5 Incrementos por clase diamétrica .....	37
5.6 Especies con menores y mayores incrementos .....	42
5.7 Tiempos de paso .....	43
5.8 Mortalidad.....	47
6. CONSIDERACIONES FINALES .....	51
7. CONCLUSIONES .....	52
8. RECOMENDACIONES FINALES .....	54

9. BIBLIOGRAFÍA.....	55
10. ANEXOS.....	59

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Índices y formulas aplicadas para el análisis de las parcelas en este estudio.....	26
Cuadro 2. Representación matricial de los coeficientes de similitud de Jaccard [Cj] para tres estadios de sucesión en el 2011 en el Bosque Seco Tropical, Parque Estadual Mata Seca..	28
Cuadro 3. Especies con mayor índice de valor de importancia en el 2011 en tres estadios sucesionales del Parque Estadual da Mata Seca, Brasil. ....	31
Cuadro 4. Balance de arboles por hectárea, área basal, e incremento en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil durante el 2006 al 2011. ....	32
Cuadro 5. Incrementos corrientes anuales (mediana en mm/año) y desviaciones estándar en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil. ....	35
Cuadro 6. Incrementos corrientes anuales (mm/año) según las medias de las 18 parcelas permanentes de muestreo ubicadas en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil. ....	36
Cuadro 7. Especies con menor ICA (mm/año) para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.....	42
Cuadro 8. Especies con mayor ICA promedio (mm/año) para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil. ....	43
Cuadro 9. Tiempos de paso para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil. ....	44
Cuadro 10. Balance de número de individuos muertos por parcela e ingresos para el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.....	48

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de bosques secos tropicales en Brasil (en rojo en la leyenda). Fuente: Espírito-Santo et al, (2009).....	17
Figura 2. Ubicación geográfica del Parque Estadual Mata Seca en el estado de Minas Gerais, Brasil. ....	19
Figura 3. Distribución mensual de promedios registrados de precipitación (mm) y horas luz directa y de temperatura (°C) y humedad relativa (%) desde 1980 hasta el 2009 en el Parque Estadual da Mata Seca según datos colectados por el Instituto Nacional De Meteorología (INMET).....	20
Figura 4. Ubicación de Parque Estadual da Mata Seca (borde amarillo) y sus alrededores en las cercanías de la ciudad de Manga, el Río Sao Francisco y el Parque Estadual Lagoa Cajueiro (borde rojo), Minas Gerais, Brasil. Fuente de imagen: Google earth 2012.....	22
Figura 5. Estadios sucesionales de Parque Estadual Mata Seca, Minas Gerais, 2012. ....	23
Figura 6. Ubicación de parcelas dentro de tres estadios sucesionales de Bosque Seco Tropical del Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.....	24
Figura 7. Comparación de número de especies y familias en tres estadios sucesionales de Bosque Seco Tropical. Parque Estadual da Mata Seca, Brasil. ....	27
Figura 8. Incremento corriente anual (mm/año) de la mediana con desviación estándar para los tres estadios sucesionales en el Parque Estadual Mata Seca, Brasil. (Barras del mismo color no muestran diferencias significativas) .....	32
Figura 9. Incrementos corrientes anuales promedio según clases diamétricas para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Minas Gerais, Brasil.....	38
Figura 10. Incrementos corrientes anuales promedio según clases diamétricas para las tres especies con mayor IVI en el estadio sucesional temprano, Parque Estadual Mata Seca, Minas Gerais, Brasil. ....	39
Figura 11. Incrementos corrientes anuales promedio según clases diamétricas para las tres especies con mayor IVI en el estadio sucesional intermedio, Parque Estadual Mata Seca, Minas Gerais, Brasil. ....	40
Figura 12. Incrementos corrientes anuales promedio según clases diamétricas para las tres especies con mayor IVI en el estadio sucesional tardío, Parque Estadual Mata Seca, Minas Gerais, Brasil.....	41
Figura 13. Tiempos de paso para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil. ....	45

Figura 14. Tiempos de paso para las tres especies con mayor IVI en el estadio sucesional temprano en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil.....	46
Figura 15. Curva de crecimiento diamétrico promedio de las 2 especies con mayor IVI en el estadio sucesional temprano en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil.....	47
Figura 16. Porcentaje de mortalidad del 2006-2011 para los tres estadios sucesionales, Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.....	49
Figura 17. Mortalidad del 2006-2011 según clases diamétricas para los tres estadios sucesionales, Parque Estadual da Mata Seca, Brasil. ....	50

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resumen de mediciones climáticas, promedios mensuales desde 1980 hasta el 2009 en el Parque Estadual Mata Seca, según datos colectados por el Instituto Nacional De Meteorología INMET. ....	59
Anexo 2. Datos para el análisis de suelos de las parcelas en el Parque Estadual Mata Seca, 2011. ....	59
Anexo 3. Datos para el análisis de suelos de las parcelas en el Parque Estadual Mata Seca, 2011. ....	60
Anexo 4. Prueba Kruskal Wallis para el ICA de los tres estadios sucesionales del Parque Estadual Mata Seca. ....	60
Anexo 5. Distribuciones de ICAs para el Parque Estadual Mata Seca. ....	61
Anexo 6. ICAs por clases diamétricas para cada estadio y sus desviaciones estándar Parque Estadual Mata Seca. ....	61
Anexo 7. Porcentaje de mortalidad total de las especies que murieron entre los años 2006-2011 en los tres estadios sucesionales del Parque Estadual da Mata Seca.....	62
Anexo 8. Promedio de humedad de suelo ( $m^3/m^3$ ) registrado entre los años 2007-2012 en las parcelas CC4 (temprano), IC4 (intermedio) y MC8 (tardío) del Parque Estadual da Mata Seca.....	63

## 1. Introducción

En América, los bosques tropicales secos, han sido los ecosistemas preferidos para los asentamientos humanos (Murphy & Lugo 1986; Sanchez-Azofeifa *et al.* 2005; Neves *et al.* 2010b). Las presiones económicas y antropogénicas sufridas por los Bs-T, los convirtieron en uno de los ecosistemas más deforestados y menos protegidos de América (Janzen, 1988; Sanchez-Azofeifa *et al.* 2005; Neves *et al.* 2010, Sánchez-Azofeifa *et al.* 2011).

Debido a las altas tasas de deforestación y su distribución restringida y fragmentada, el Bs-T puede ser considerado el ecosistema más amenazado en Brasil (Espírito-Santo *et al.*, 2009) Solamente 5,015 km<sup>2</sup> de bosque seco en Brasil se encuentran bajo categorías de protección, representando un 6,2% del bosque seco en Brasil (Portillo- Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010) entre estos se encuentra el Parque Estadual de Mata Seca. El parque es parte de un complejo de áreas protegidas federales y estatales en el norte de Minas Gerais, con 8 unidades de conservación de protección integral y 6 unidades de uso sostenible. Según Alves (2008) la mayoría de estas unidades están expuestas a varias amenazas, como (i) la caza furtiva, especialmente para pequeños mamíferos como fuente de alimento, (ii) la invasión de los márgenes de los ríos y destrucción de la bosques riparios por los pescadores, la construcción de viviendas temporales y plantación de parcelas de cultivos, (iii) pesca dentro de lagos marginales, que funcionan como criaderos de peces del río São Francisco, (iv) la invasión de ganado de las granjas circundantes dentro de las áreas protegidas que alteran los ecosistemas; (v) los incendios no controlados antropogénicos utilizados para manejar los pastizales y que finalmente queman los bosques limítrofes.

La pérdida de estos bosques supone una grave amenaza para la biodiversidad y los servicios ecosistémicos, incluyendo la protección del recurso hídrico de la cuenca del Río Sao Francisco, el segundo más grande de Brasil y que es la principal fuente hídrica del estado de Minas Gerais. Ante ello, el proyecto “Tropy-Dry”, financiado por el Inter-American Institute for Global Change Research (IAI) y U.S. National Science Foundation (NSF), ha llevado a cabo una serie de importantes estudios en este parque, con el fin de generar información para fomentar la conservación y el manejo adecuado de los bosques secos de Brasil.

Con este marco, este estudio tiene el propósito de determinar y analizar las tasas de crecimiento y mortalidad en tres etapas sucesionales del Bosque Seco Tropical del Parque Estadual Mata Seca, Estado de Minas Gerais Brasil. De esta forma se contribuye en la comprensión de la dinámica del crecimiento de la sucesión natural y en la generación de información que permita en otras investigaciones modelar las tasas de crecimiento y mortalidad para aplicaciones de manejo silvicultural, conservación de la biodiversidad y tasas de fijación de carbono, entre otras.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Determinar y comparar las tasas de crecimiento de tres estadios sucesionales del bosque seco tropical del Parque Estadual Da Mata Seca en el estado de Minas Gerais, monitoreados entre los años 2006-2012.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Determinar y evaluar el incremento diamétrico de cada estadio del bosque: temprano, intermedio y tardío.
- Comparar el incremento diamétrico de cada estadio del bosque: temprano, intermedio y tardío.
- Comparar el incremento diamétrico entre parcelas de cada estadio del bosque: temprano, intermedio y tardío.
- Identificar y analizar que clases diamétricas presentan un mayor incremento diamétrico en cada estadio.
- Evaluar el tiempo de paso entre clases diamétricas de los diferentes estadios.
- Identificar y analizar las especies que presentan un crecimiento diferenciado al resto de la población.
- Estimar el tiempo en años que tomaría un área en comienzos de sucesión a establecerse como un bosque secundario.
- Determinar y evaluar las tasas de mortalidad en los tres estadios, y cuales especies obtiene mayores índices de mortalidad.

### **3. Marco Teórico**

#### **3.1 Bosque seco tropical**

Los bosques secos tropicales [Bs-T] son ecosistemas caracterizados por presentar biotemperaturas anuales mayores a 17° C, con un régimen de precipitación que oscila entre los 500mm a los 2000mm anuales y con un periodo seco de 4 a 6 meses con poca a ninguna precipitación (Holdridge, 1967; Kalacska *et al.* 2004, Calvo-Alvarado *et al.* 2012).

Estos bosques son caducifolios por su prolongada estación seca, lo que limita la productividad de las plantas de 3-5 meses por año, cuando las lluvias son más frecuentes (Sánchez-Azofeifa *et al.* 2005). Los procesos ecológicos son marcadamente estacionales y la productividad primaria neta es menor que en los bosques húmedos, porque sólo se da en la temporada de lluvias (Aguirre *et al.* 2006)

La estacionalidad de lluvias en los Bs-T es una fuerza ecológica dominante debido a que los patrones de reproducción y crecimiento de muchas especies vegetales y animales dependen principalmente de la disponibilidad de humedad del suelo y la lluvia durante la estación lluviosa (Murphy y Lugo, 1986).

#### **3.2 Distribución de Bosque seco tropical en América Latina y Brasil**

Para el año 1986 Murphy y Lugo reportan que el Bosque seco Tropical representa el 50% de las áreas boscosas en Centroamérica y el 22% en Sudamérica. Para el año 2002 un mapa de cobertura vegetal de América del sur realizado con tecnología satelital con ayuda del European Commission Joint Research, reporta que solamente alrededor de un 8% de la cobertura vegetal de Sudamérica es bosque seco tropical (Eva, H *et al.* 2002).

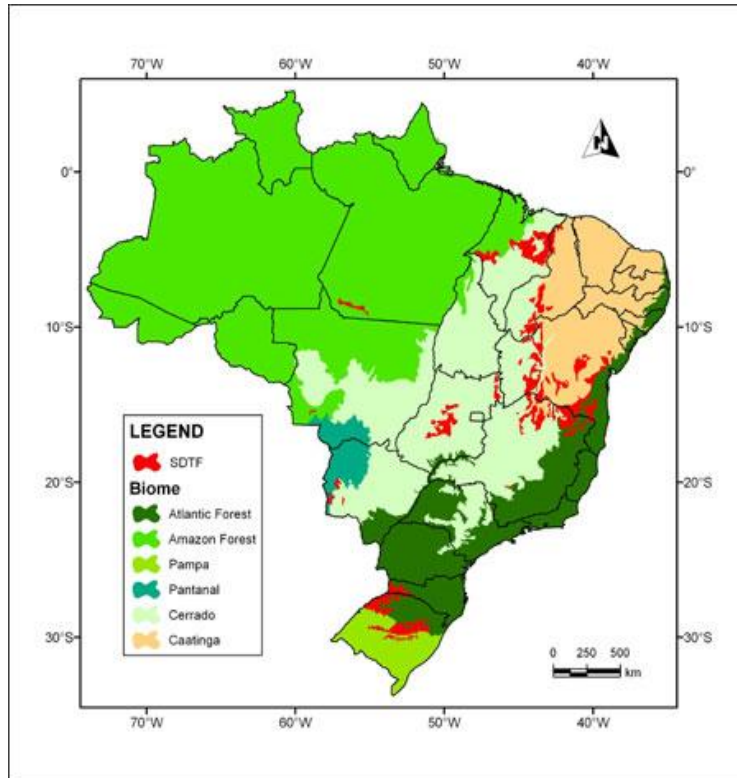
Como indica Linares-Palomino (2004), la distribución de los bosques secos de América Latina se da en dos bloques principales, el primero ubicado al norte en México, Centro América y las Islas del Caribe y el segundo, al sur en Brasil, Paraguay y Bolivia. Más cerca de la línea ecuatorial, los bosques secos están limitados en manchas aisladas en la parte occidental del continente en Venezuela, Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia.

Sánchez-Azofeifa y Portillo-Quintero (2010) menciona que 51% de los bosques secos del neo trópico se ubican en Sur América constituyendo unos 268,875 km<sup>2</sup>. Brasil posee 17% de los bosques secos de América, solamente superado por México con 38% y Bolivia con 25%. En el caso de Brasil el área potencial de bosque seco tropical equivale a 168,164km<sup>2</sup>, sin embargo solo se cuenta actualmente con 81,046km<sup>2</sup> ya que un 52% ha sido sometido a cambio de uso de suelo. Solamente 5,015 km<sup>2</sup> de bosque seco en Brasil se encuentran bajo categorías de protección, representando un 6,2% del bosque seco en Brasil (Portillo-Quintero y Sánchez-Azofeifa, 2010).

Sánchez-Azofeifa y Portillo-Quintero (2010) menciona que los Bosques secos tropicales de América se localizan en zonas con condiciones de buenas a excelentes para el desarrollo agrícola y ganadero y, más recientemente, para grandes proyectos de mega-turismo. En Brasil como resultado de su alta proporción de especies de madera valiosa y suelos fértiles, los bosques secos brasileños se encuentran en alta demanda para la explotación forestal y la agricultura de diversos cultivos, los cuales son los principales impulsores del cambio de cobertura (Scariot y Sevilha, 2005; Anaya *et al*, 2006; Espírito-Santo *et al*, 2009). Otra amenaza importante es la extracción de piedra caliza. Además los fragmentos remanentes de bosque sufren alteraciones constantes sobre todo por la producción de ganado y la tala selectiva de especies (Espírito-Santo *et al.*, 2009). Otra amenaza que Sánchez-Azofeifa y Portillo-Quintero (2010) mencionan para el cambio de cobertura son los incendios forestales, los cuales pueden tener mayor ocurrencia en bosques inmersos en paisajes agrícolas.

Como se observa en la figura 1, los bosques secos en Brasil se encuentran en su mayoría concentrados en los estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Goiás, Bahía, Piauí y Maranhão. Según Espírito-Santo *et al* (2009) los bosques secos de Brasil se encuentran en las regiones más pobres del país, lo cual hace más difícil su conservación.





**Figura 1.** Distribución de bosques secos tropicales en Brasil (en rojo en la leyenda). Fuente: Espírito-Santo et al, (2009).

### 3.3 Índice de valor de importancia

Para el análisis de la vegetación es importante encontrar una cuantificación que permita una visión más completa de la estructura o para caracterizar la importancia y jerarquía de cada una de las especies dentro del bosque.

Un método es la integración de los tres índices parciales (Abundancia, Dominancia y Frecuencia), para combinarlos en una sola expresión, de forma que cubra el aspecto estructural en su totalidad, mediante el cálculo del "índice de valor de importancia". Para este índice se agregan para cada especie, los valores relativos de abundancia, dominancia y frecuencia (De Moraes, 2006). De esta forma se calculan los índices de valor de importancia con el fin de determinar cuáles especies tienen mayor peso ecológico en cada uno de los estadios sucesionales.

### 3.4 Incremento corriente anual

Fredericksen et al (2001) definen crecimiento como el cambio de dimensiones de un organismo en el tiempo y dan la siguiente definición del Incremento Corriente Anual en bosques.

*Incremento Corriente Anual (ICA): cambio de crecimiento en un período de tiempo y puede expresarse de la siguiente manera:*

$$ICA = \frac{\text{Incremento (mm)}}{\text{Diferencia de tiempo (años)}}$$

*En donde:*

*Incremento: es la magnitud del crecimiento en mm, matemáticamente puede definirse como la diferencia de mediciones de alguna variable dasométrica, por ejemplo el diámetro a la altura del pecho (dap), y puede expresarse como  $dap_2 - dap_1$ , donde  $dap_2$  es la segunda evaluación del diámetro y  $dap_1$  la primera evaluación de la misma variable y del mismo individuo.*

*Diferencia de tiempo: tiempo en años que transcurrió entre la primera y segunda evaluación*

### 3.5 Tiempo de paso

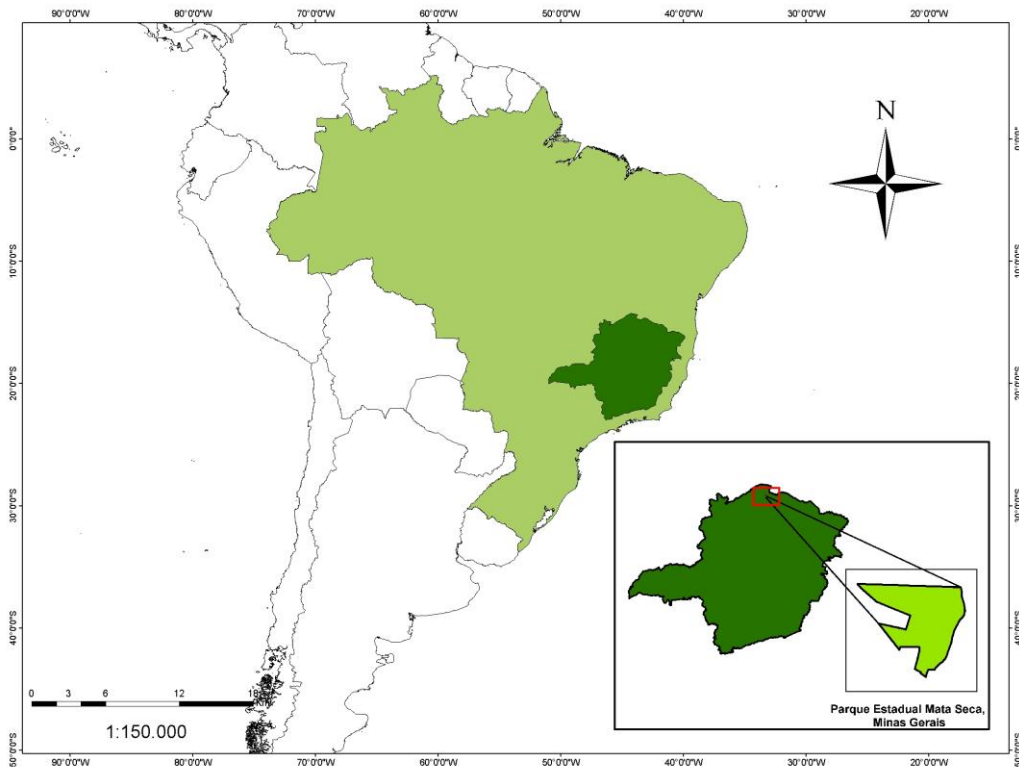
Los tiempos de paso se definen como la amplitud de la clase diamétrica que se divide por el incremento corriente anual, obteniéndose el número de años que requiere un árbol promedio para pasar de clase diamétrica. La sumatoria de los tiempos de paso sucesivos relacionados con los diámetros describe la curva de crecimiento del diámetro en función de la edad (Quesada, 2002).

## 4. Metodología

### 4.1 Descripción del sitio de estudio

### 4.2 Localización

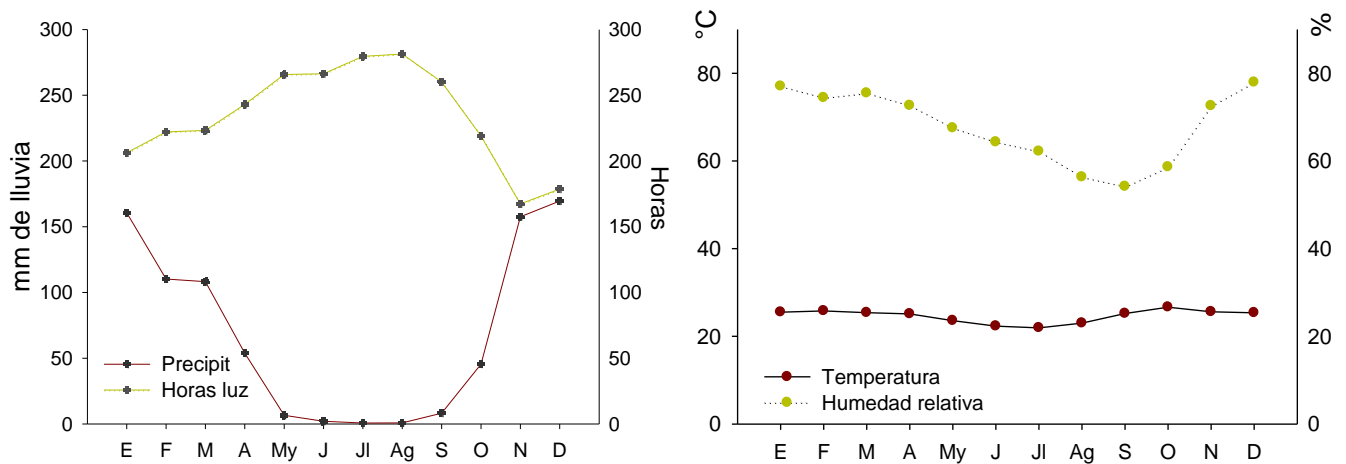
Este estudio fue llevado a cabo en el Parque Estadual da Mata Seca, una unidad de conservación de protección integral creado por la expropiación de áreas de campos de cultivo en el año 2000, y gestionado por el Instituto Estadual de Florestas (IEF-Instituto Forestal del Estado). El Parque Estadual da Mata Seca (PEMS) tiene una superficie de 15,466 hectáreas y está ubicado en el valle del río São Francisco, estado de Minas Gerais, Brasil, entre las coordenadas  $14^{\circ} 48'36''$  -  $14^{\circ} 56'59''$  S y  $43^{\circ} 55'12''$  -  $44^{\circ} 04'12''$  O, además posee una altitud de 452 msnm.



**Figura 2.** Ubicación geográfica del Parque Estadual Mata Seca en el estado de Minas Gerais, Brasil.

### 4.3 Clima

El clima de la región se considera como tropical semiárido (clasificación de Köppen) o bosque seco tropical (clasificación Holdrige). El bosque está dominado por árboles de hoja caduca, ya que casi el 90-95% de área foliar se pierde durante la estación seca la cual dura alrededor de seis meses entre mayo y octubre (Madeira et al., 2009). La temperatura promedio de la región de estudio es de 24,4 °C con máximos de 32 °C y la precipitación media anual es de 871 mm (rango de 300-1300mm) concentrada en la época lluviosa de octubre a abril.



**Figura 3.** Distribución mensual de promedios registrados de precipitación (mm) y horas luz directa y de temperatura (°C) y humedad relativa (%) desde 1980 hasta el 2009 en el Parque Estadual da Mata Seca según datos colectados por el Instituto Nacional De Meteorología (INMET).

### 4.4 Suelos

El Parque es parte de la formación geológica Subgrupo de Río Paraopeba (precámbrico) formado por calizas y limolitas de edad geológica de entre 850 y 650 millones de años. Es una zona plana con suelos ricos en nutrientes de origen calcáreos (IEF, 2000).

La región tiene un predominio de suelos del orden Oxisoles que se originaron a partir de la descomposición de las rocas y depósitos coluvio-aluviales del Cuaternario. Las principales clases de suelos son Oxisoles rojos distróficos, Oxisoles amarillos distróficos, Fluvisoles eutróficos y Cambisoles eutróficos (Alves, 2008).

A nivel más detallado las parcelas se ubican en suelos del tipo Fluvisoles, Da Silva (2010) caracteriza estos suelos del parque como profundos, arenosos y bien drenados con valores elevados de Ca y pH en el estadio tardío y el pH más ácido en el estadio intermedio debido a la presencia de Al, el cual para el estadio temprano y tardío resulto ausente. Además los valores más elevados de carbono orgánico se reportan en el estadio temprano y tardío.

#### **4.5 Paisaje**

Las principales actividades económicas en la zona antes de que se diera la protección era principalmente pastoreo y plantaciones de frijol y maíz. Aproximadamente 1.525 hectáreas del parque aún están cubiertas con campos de pastizales abandonados en las diferentes etapas de sucesión, mientras que el resto del área pertenece a bosques secos tardíos y secundarios.

Alves (2008) menciona que si bien es cierto el parque cuenta con una división de áreas dentro de las cuales posee zonas de amortiguamiento, algunas zonas limítrofes al parque actualmente poseen plantaciones de tomate y banano, además de la cría de ganado. Esta situación se debe a una disputa legal con uno de los dueños de la finca que no quiso ceder su terreno al parque.

En la figura 4 se observa el borde del Parque Estadual Mata Seca en amarillo, el parque limita del lado Este con el río Sao Francisco, al norte se ubica el pueblo de Manga y al noroeste, oeste y sur se observa una matriz de cultivos agrícolas. Del otro lado del río además se encuentra otro parque estadual llamado Lagoa Cajueiro (en rojo). Dentro del parque se observan círculos de riego, que anteriormente se utilizaron para cultivos hasta el año 2009, debido a que el estado no había pagado las expropiaciones de las tierras por lo que algunas fincas continuaron con sus cultivos y la ganadería dentro del parque. La fotografía fue tomada en el 2009.



**Figura 4.** Ubicación de Parque Estadual da Mata Seca (borde amarillo) y sus alrededores en las cercanías de la ciudad de Manga, el Río Sao Francisco y el Parque Estadual Lagoa Cajueiro (borde rojo), Minas Gerais, Brasil. Fuente de imagen: Google earth 2012.

#### 4.6 Descripción de los estadios sucesionales de Mata Seca

Madeira et al (2009) mencionan que el estadio sucesional temprano se caracteriza por un área de bosque compuesto por parches dispersos de vegetación leñosa, arbustos, hierbas y pastos con un solo estrato de árboles y un dosel muy abierto de hasta 4 m de altura. Esta fue un área de pastos durante 20 años, el ganado fue eliminado en el año 2000, a pesar de que el ganado de fincas adyacentes sigue utilizando las áreas de vez en cuando.

El estadio sucesional intermedio tiene dos estratos de vegetación: el primero está compuesto por árboles de hoja caducifolia con 10 - 12 metros de altura y algunos árboles emergentes de hasta 15 m. El segundo estrato está formado por un denso sotobosque con muchos árboles jóvenes y abundantes lianas. Esta zona fue utilizada para pastoreo por un período desconocido y fue abandonada en la década de 1980. Los pastos, donde se ubican ahora el bosque temprano y el intermedio fueron manejados de manera similar: después de la tala rasa, el área fue arada para sembrar pastos exóticos y quemada cada 2 años, justo antes de la temporada de lluvias (Madeira *et al.* (2009).

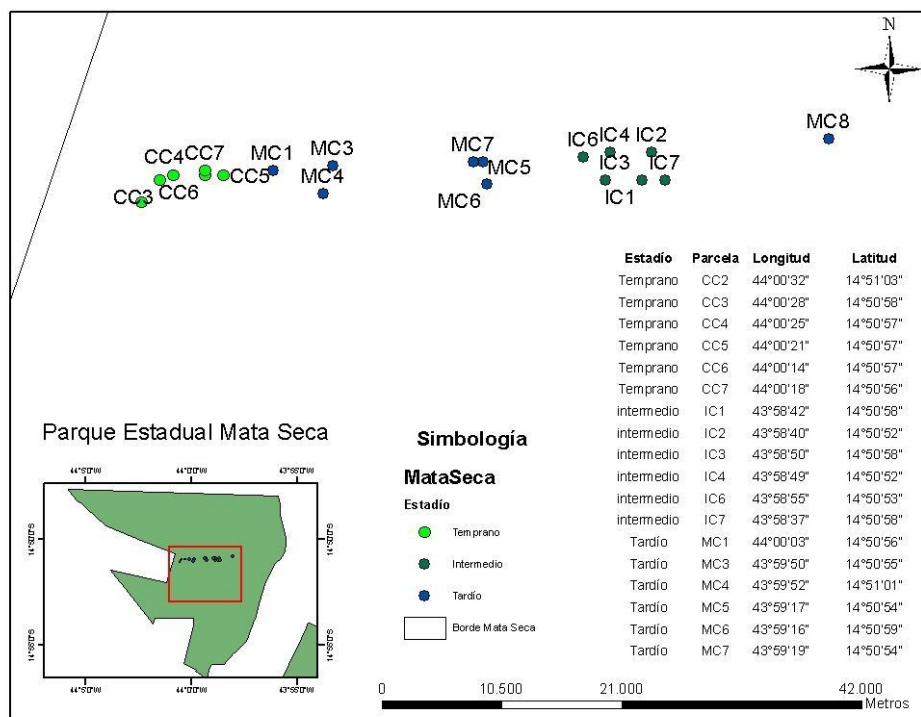
La etapa de sucesión tardía también se caracteriza por dos estratos, compuesto por árboles en su mayoría caducifolios que forman un dosel cerrado de 18-20 m de altura. El segundo estrato está formado por un sotobosque disperso con poca penetración de luz y bajas densidades de árboles jóvenes y lianas. No hay registros de la tala en esta área durante los últimos 50 años (Madeira *et al.* 2009).



**Figura 5.** Estadios sucesionales de Parque Estadual Mata Seca, Minas Gerais, 2012.

#### **4.7 Diseño experimental**

En el Parque Estadual Mata Seca se establecieron 18 parcelas (6 parcelas/estadio) permanentes de muestreo en tres etapas sucesionales de Bs-T: bosque temprano CC, bosque intermedio CI y bosque maduro CM o tardío (Cuadro 2) (siguiendo los protocolos de Tropi-Dry, Alvarez *et al.* 2008). Las parcelas fueron establecidas y son monitoreadas actualmente por la facultad de Biología de la universidad de Unimontes y la Universidad de Alberta, Canadá. Cada parcela tiene un área de 1.000,0 m<sup>2</sup> (50 m x 20 m) (siguiendo los protocolos de Tropi-Dry, Alvarez *et al.* 2008).



**Figura 6.** Ubicación de parcelas dentro de tres estadios sucesionales de Bosque Seco Tropical del Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

En cada parcela se midieron anualmente todos los individuos con un diámetro superior a 5 cm a la altura de pecho (1,3 m). Se registraron las circunferencias en cm utilizando cintas métricas y se estimaron las alturas en m. Además se identificó el género y la especie de cada individuo con la ayuda de un taxónomo y de las muestras tomadas en campo. Cada año se registraron los ingresos y la mortalidad en cada parcela. Los datos se recolectaron en el mes de febrero y marzo entre los años 2006 y 2011 (6 años de registros).

#### 4.8 Análisis de datos

Con los datos de cada estadio, se procedió a calcular, para cada individuo el diámetro en mm, el área basal por hectárea en metros cuadrados empleando los datos del año 2011. Para los individuos con más de 1 eje se utilizó la fórmula de diámetro cuadrático (ver Cuadro 1). Según Curtis y Marshall (2000) en presencia de diferentes rangos de diámetros esta fórmula ayuda a no sobreestimar o subestimar el diámetro total, ya que no da una medida central o promedio, sino que se ajusta a la variabilidad de los datos.



Con el total de individuos presentes en el año 2011 en las 18 parcelas, se calcularon los índices de valor de importancia, índice de Jaccard e índice de Shannon para cada estadio de sucesión.

Luego se calculó el incremento corriente anual (mm/año) solamente para aquellos individuos presentes en las mediciones de los años 2006 y 2011, de tal manera que los individuos que mueren (mortalidad) o que ingresan durante el periodo son eliminados de la base de datos. Además se eliminaron de la base de datos individuos con inconsistencias e individuos remanentes dentro de las parcelas, obteniendo en total 1057 individuos entre todas las parcelas, para el análisis de ICA. De esta forma se eliminaron un total de 922 individuos (muertos, inconsistencias y remanentes) para el análisis del ICA. Finalmente hay que notar que para obtener el ICA se procedió a obtener la diferencia de diámetros en mm y dividirla entre 5 años (periodo del 2006 al 2011) para obtener el incremento medio anual en diámetro.

Para hacer la comparación estadística entre estadios se calculo los incrementos por clase diamétrica y por especie y se procedió a usar la mediana en lugar del promedio aritmético, ya que los incrementos diamétricos no presentan una distribución normal y el uso de este estadístico (mediana) disminuye el sesgo causado por valores extremos (Ortiz y Carrera, 2002; Carvajal, 2011). Al comprar medianas es necesario utilizar una prueba no paramétrica, en este caso se utilizó la prueba estadística Kruskal-Wallis para determinar diferencias significativas entre incrementos, utilizando el programa Statistica 6.0, además los gráficos se realizaron utilizando el programa SigmaPlot 11.0.

Para saber cuántos años tomaría a la sucesión temprana establecerse como sucesión intermedia se obtuvieron de las dos especies con mayor IVI en el bosque temprano curvas de crecimiento según los tiempos de paso y con esto ecuaciones que modelan el crecimiento de los arboles, lo cual permite calcular la edad aproximada de los arboles a partir de un diámetro cualquiera.

Para analizar la mortalidad se obtuvieron con el numero de ingresos y egresos, las tasas de mortalidad anual de cada estadio, luego se utilizaron ANOVAs de una vía para comparar las diferencias entre las etapas de sucesión en los 5 años, utilizando el programa Statistica 6.0.

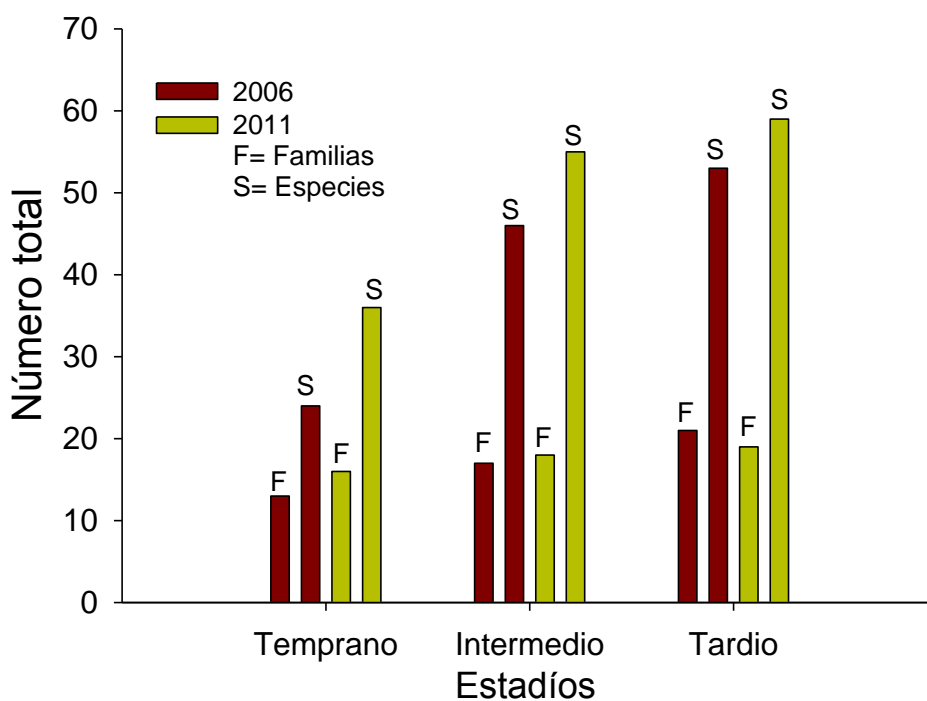
**Cuadro 1.** Índices y formulas aplicadas para el análisis de las parcelas en este estudio.

Nombre y fuente	Formulas	Fuente
<p><b>Coeficiente de Jaccard</b> Magurran y McGill (2011)</p>	$C_j = \frac{a}{a+b+c}$	<p>A: Especies presentes en ambas poblaciones. b: Especies en muestra "A" ausentes en muestra "B". C: Especies en muestra "B" ausentes en muestra "A".</p>
<p><b>Índice de Valor de Importancia</b> Moraes (2006)</p>	$IVI = (AR) + (DR) + (FR)$	<p>AR: Número de individuos por sp /número total de individuos x 100 DR: Area basal de sp /área basal total x 100 FR: Número de subparcelas en las que se encuentra la sp / frecuencias totales de todas las especies x 100</p>
<p><b>Diámetro cuadrático</b> Curtis y Marshall (2000)</p>	$QMD = \sqrt{\sum(d_i^2)}$	<p><math>d_i</math> =diámetro a la altura de pecho de cada eje</p>
<p><b>Índice de diversidad de Shannon</b> Magurran y McGill (2011)</p>	$H' = -\sum_{i=1}^s (p_i) (\ln p_i)$	<p>H': Índice de Diversidad de Especies. S: Numero de Especies Pi: Proporción del total de la muestra relacionado a las especies.</p>

## 5. Resultados y discusión

### 5.1 Composición florística e índices de diversidad

La composición florística analizada para el año 2006 y el año 2011 varió de manera significativa en los tres estadios. Para el año 2006 el estadio temprano tenía 13 familias y 24 especies, mientras en el 2011 incremento a 16 familias y 36 especies, el estadio intermedio pasó de 17 familias y 46 especies a 18 familias y 55 especies, mientras que el estadio tardío fue el único en disminuir su número de familias de 21 a 19, sin embargo su número de especies aumento de 53 a 59 como se observa en la siguiente figura.



**Figura 7.** Comparación de número de especies y familias en tres estadios sucesionales de Bosque Seco Tropical. Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

Los índices de diversidad de Shannon analizados para cada estadio con datos del 2011, muestran una alta diversidad de especies, en el estadio intermedio se obtuvo un valor de  $H' = 1,3$ , y en el tardío  $H' = 1,2$ , ambos valores muy similares. El estadio temprano muestra un  $H' = 0,9$  más bajo que los anteriores.

El estadio temprano del Parque Mata Seca resulta ser el de menor diversidad de especies, mientras que el intermedio obtiene la mayor diversidad de especies, aunque sea el tardío el que posee la mayor riqueza. Kalacska *et al.* (2004) encontró resultados similares utilizando el índice de Shannon, en el bosque seco de Santa Rosa Costa Rica, mayor diversidad en la sucesión intermedia y menor diversidad en la sucesión temprana.

Sin embargo, Madeira *et al.* (2009) obtuvo diferentes resultados en este bosque, analizando las mismas parcelas con datos del 2006, mostrando que en ese momento era el tardío quien poseía una mayor diversidad, el menciona que esos resultados no cumplían con el modelo de dominación controlada o en inglés “dominance-controlled communities” (Yodzis 1986; Begon *et al.* 2006; Madeira *et al.*, 2009) que establece que las sucesiones tempranas poseen una baja diversidad por ser colonizadas por un grupo limitado de especies pioneras y conforme la sucesión avanza, otras especies invaden la zona por esto las fases intermedias de regeneración están compuestas por un número elevado de especies. Pero cuando el bosque madura hacia el clímax, y aparecen las especies tardías, la competencia tiende a expulsar especies de sucesión, causando una disminución en la diversidad. El modelo indica que los estadios intermedios poseen una mayor diversidad. Madeira *et al.* (2009) menciona que se esperaba una disminución en el número de especies en las décadas siguientes, en el estadio tardío, lo cual es confirmado por este análisis al observarse una disminución en el número de familias, indicando la tendencia a la maduración del bosque.

**Cuadro 2.** Representación matricial de los coeficientes de similitud de Jaccard [Cj] para tres estadios de sucesión en el 2011 en el Bosque Seco Tropical, Parque Estadual Mata Seca. Brasil.

Estadio	Temprano	Intermedio	Tardío
Temprano	1,00	--	--
Intermedio	0,16	1,00	--
Tardío	0,12	0,45	1,00

Utilizando el coeficiente de similitud de Jaccard (Cj), se obtuvo que la relación entre el bosque temprano e intermedio es de 0,16 (cuadro 2), implicando que las especies presentes en ambas estructuras son pocas y menos aun entre el bosque temprano y tardío en donde solo se comparten 12% de las especies. A diferencia la relación obtenida entre el estadio intermedio y tardío de 0,45; el cual indica que ambos bosques comparten casi la mitad de las especies, su diversidad es más similar. Resultados similares obtuvo Jiménez (2010) en el bosque seco de Santa Rosa, en donde el bosque intermedio y tardío obtienen un [Cj]= 0,55; lo que implica que ambos bosques comparten más de la mitad de las especies; mientras que el porcentaje de especies compartidas entre el temprano y tardío es menor a un 10%.

Madeira *et al.* (2009) encontró la misma similitud en el Parque Mata Seca entre la sucesión intermedia-tardía utilizando el índice Morisita-Horn, el cual fue de 0,55 (probabilidad de encontrar un individuo de la misma especie en una muestra de ambos estadios). Además ese estudio describe una mayor similitud en la composición de especies entre las parcelas de la misma etapa de sucesión que de diferentes etapas de sucesión.

El índice de valor de importancia para el año 2011 indica que el estadio temprano acumula casi el 250% del IVI en las 10 especies del cuadro 3, mientras que el estadio intermedio y tardío mantienen menos de un 200% en las primeras 10 especies. Esto refleja la poca diversidad de especies presentes en el estadio temprano, en donde pocas especies son las más abundantes, dominantes y frecuentes, mientras que los estadios de sucesión más avanzados poseen una mayor dinámica de especies.

La dominancia de las especies cambia a lo largo de la gradiente sucesional, más intensamente del estadio temprano al intermedio, y ligeramente del intermedio al tardío, en donde se comparten 5 especies con mayores IVI *Handroanthus reticulatus*, *Combretum duarteanum*, *Commiphora leptophloeus*, *Terminalia fagifolia* y *Poincianella pluviosa*. Mientras que el estadio temprano comparte solamente 1 especie con el estadio tardío y ninguna con el intermedio, ya que en su mayoría este bosque está dominado por especies pioneras de rápido crecimiento que suelen desaparecer en los estadios sucesionales más avanzados. Madeira *et al.* (2009) explica que estos cambios comprueban el modelo expuesto por Egler (1954) “relay floristics model” en donde se espera una substitución gradual de especies a través del tiempo en la sucesión del bosque.

La especie de mayor peso ecológico en el estadio temprano resulta ser *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) con un IVI de 99,06, además esta especie se encuentra en segundo lugar en el bosque tardío con un IVI de 31,57 y aunque no aparece entre las de mayor peso en el intermedio, también está presente en este.

*M. urundeuva* es una especie que llega a alcanzar tamaños entre 20 y 30 metros (en el parque se reporta hasta los 21 metros), además el Parque Estadual da Mata Seca tiene una de las mayores concentraciones de *M. urundeuva* por hectárea en el Estado de Minas Gerais (Alves, 2008). Si bien es una especie que se cree de crecimiento lento por su alta densidad de madera (1,00 a 1,21g/cm<sup>3</sup>, Bertoni y Dickfeldt, 2007), es una especie muy común en los Bs-T de Brasil (Oliveira-Filho *et al.* 1998; Madeira *et al.*, 2009). Además aunque se considera una especie secundaria tardía (Ferretti *et al.*, 1995; Bertoni y Dickfeldt, 2007), tolerante a la sombra, sus semillas son capaces de germinar tanto en claros, expuestas a la luz, al sol y las fluctuaciones diarias de la temperatura, como también en el sotobosque, donde la luz es más difusa y la temperatura diaria más baja (Silva *et al.*, 2002; Madeira *et al.*, 2009). A pesar de que esta especie se reporta como amenazada de extinción en Brasil bajo la categoría vulnerable por su gran explotación (Bertoni y Dickfeldt, 2007), en este estudio se encontraron resultados que indican que es la especie con las tasas de crecimiento más altas, dando un potencial de manejo silvicultural interesante siendo la misma una especie dominante.

Según Chazdon *et al.* (2009) el potencial de regeneración de especies de árboles del dosel superior aumenta a medida que la distancia de los bosques maduros disminuye y depende de la capacidad de dispersión de semillas. En este caso la cercanía de las parcelas tempranas a los bosques maduros y la presencia de árboles remanentes, puede traer efectos positivos en la recuperación del bosque.

**Cuadro 3.** Especies con mayor índice de valor de importancia en el 2011 en tres estadios sucesionales del Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

Estadio					
Temprano		Intermedio		Tardío	
Especie	IVI	Especie	IVI	Especie	IVI
<i>Myracrodruon urundeuva</i> (Anacardiaceae)	99,06	<i>Handroanthus reticulatus</i> (Bignoniaceae)	54,35	<i>Handroanthus chrysotrichus</i> (Bignoniaceae)	64,41
<i>Handroanthus ochraceus</i> (Bignoniaceae)	44,21	<i>Combretum duarteanum</i> (Combretaceae)	29,68	<i>Myracrodruon urundeuva</i> (Anacardiaceae)	31,57
<i>Mimosa hostilis</i> (Fabaceae-Mimosoideae)	24,48	<i>Commiphora leptophloeus</i> (Burseraceae)	17,09	<i>Combretum duarteanum</i> (Combretaceae)	29,45
<i>Senegalia polyphylla</i> (Fabaceae-Mimosoideae)	19,23	<i>Terminalia fagifolia</i> (Combretaceae)	15,73	<i>Handroanthus reticulatus</i> (Bignoniaceae)	15,96
<i>Piptadenia oltalmocentra</i> (Fabaceae-Mimosoideae)	10,61	<i>Pseudopiptadenia contorta</i> (Fabaceae Mimosoideae)	14,65	<i>Poincianella pluviosa</i> (Fabaceae-Caesalpinioideae)	14,03
<i>Prosopis sp</i> (Fabaceae-Mimosoideae)	10,17	<i>Poincianella pluviosa</i> (Fabaceae-Caesalpinioideae)	10,77	<i>Aspidosperma polyneuron</i> (Apocynaceae)	13,73
<i>Schinopsis brasiliensis</i> (Anacardiaceae)	9,98	<i>Spondias tuberosa</i> (Anacardiaceae)	10,14	<i>Commiphora leptophloeus</i> (Burseraceae)	12,48
<i>Aspidosperma parvifolium</i> (Apocynaceae)	8,80	<i>Stillingia saxatilis</i> (Euphorbiaceae)	9,53	<i>Terminalia fagifolia</i> (Combretaceae)	8,54
<i>Senna spectabilis</i> (Fabaceae-Caesalpinioideae)	8,21	<i>Handroanthus spongiosus</i> (Bignoniaceae)	8,45	<i>Cavanillesia arborea</i> (Malvaceae)	8,23
<i>Platymiscium blanchetii</i> (Fabaceae-Faboideae)	8,02	<i>Patagonula bahiensis</i> (Boraginaceae)	8,40	<i>Casearia selloana</i> (Salicaceae)	7,25
Otras especies	57,23	Otras especies	121,22	Otras especies	94,34
<b>Total</b>	<b>300</b>		<b>300</b>		<b>300</b>

## 5.2 Crecimiento

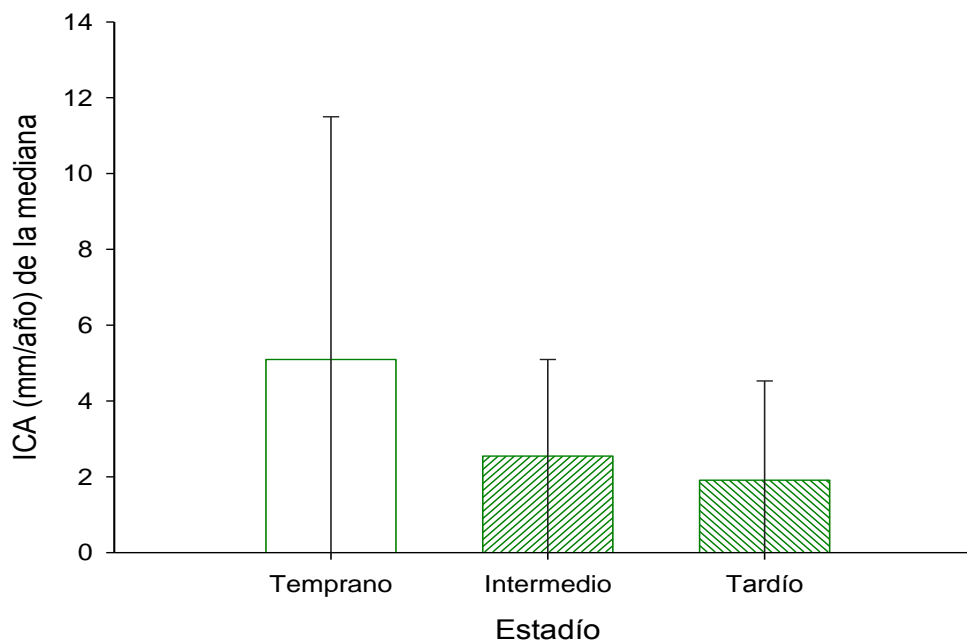
La variación en la densidad de individuos a lo largo de las etapas de sucesión observada en el cuadro 4 no se ajusta a los patrones generales observados tanto en bosques húmedos como bosques secos, en donde por lo general, hay una alta densidad de individuos con DAPs menores en las etapas tempranas e intermedias, y a medida que el bosque madura la densidad disminuye y el área basal aumenta (Mizrahi *et al.* 1997; Saldarriaga. *et al.* 1988; Denslow y Guzmán 2000; Kennard 2002; Kalacska *et al.* 2004). Además se observa una mayor densidad y mayor área basal en el estadio tardío, aunque los incrementos son mayores en los estadios intermedio y temprano.

**Cuadro 4.** Balance de arboles por hectárea, área basal, e incremento en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil durante el 2006 al 2011.

Estadio	Año 2006		Año 2011		Incremento	
	Densidad (n ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Densidad (n ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )	Densidad (n ha <sup>-1</sup> )	Área basal (m <sup>2</sup> ha <sup>-1</sup> )
Temprano	510	3,13	865	5,50	355	2,37
Intermedio	782	15,60	1211	17,09	430	1,49
Tardío	1053	24,55	1221	25,64	168	1,10
Promedio	782	14,43	1099	16,08	318	1,65

### 5.3 Incrementos por Estadio

Para el análisis de incremento medio anual (ICA) utilizando las medianas por estadio, se determinó con la prueba Kruskal Wallis la diferencia estadística entre los estadios ( $P < 0,001$ ). Como se observa en la figura 8, el mayor incremento se encuentra en el estadio temprano ( $5,02 \pm 6,41$  mm/año) difiriendo estadísticamente ( $p < 0,05$ ) de los estadios intermedio y tardío. Entre los estadios intermedio ( $2,55 \pm 2,69$  mm/año) y tardío ( $1,91 \pm 2,62$  mm/año) no se encontró diferencia significativa ( $p=0,05$ ).



**Figura 8.** Incremento corriente anual (mm/año) de la mediana con desviación estándar para los tres estadios sucesionales en el Parque Estadual Mata Seca, Brasil. (Barras del mismo color no muestran diferencias significativas).



Una explicación a la similitud en crecimiento del bosque tardío e intermedio, según Madeira *et al.* (2009) es que los sitios considerados como bosque maduro en estos estudios (incluyendo el presente) son más similares en estructura y diversidad a bosques secundarios en una avanzada etapa de sucesión, ya que según estimaciones el tiempo de recuperación de bosques secos en tierras bajas puede durar hasta 150 años.

Como se puede observar en la figura 8, el incremento del bosque temprano sobrepasa los 5 mm/año, lo cual resulta ser un incremento muy alto ya que según Murphy y Lugo (1986) los incrementos de diámetros en bosque seco son entre 1 y 2 mm/año y en bosque húmedo pueden ir desde 2-5 mm/año o más. Solamente el bosque maduro posee en este estudio un incremento similar a lo descrito por Murphy y Lugo (1986). Sin embargo Monge *et al.* (2002) reportan para el bosque seco en Palo Verde en Costa Rica un incremento de 4,13 mm/año en un bosque remanente poco perturbado. Uslar *et al.* 2004, encontraron para un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia incrementos desde 1,1 mm/año hasta de 7,1 mm/año para ciertas especies. Finalmente, un estudio realizado por Tropi-dry (Carvajal, 2011) en el parque Santa Rosa, Costa Rica, empleando los mismos protocolos de este estudio, da los siguientes resultados: temprano 1,60 mm/año, intermedio 2,20 mm/año y maduro 1,20 mm/año, lo que contrasta con los incrementos altos de Brasil. Esto es contradictorio dado que Santa Rosa tiene una estación seca más prolongada. Las diferencias pueden estar asociadas a la humedad del suelo durante la estación seca o a la composición de especies. Estas diferencias se pueden deber a la calidad del sitio, por ejemplo fertilidad, profundidad y textura del suelo, nivel freático y otras condiciones que pueden favorecer el crecimiento y acortar el efecto de la estación seca.

Empleando datos de humedad de suelos del proyecto Tropi-dry en las parcelas CC4, IC4 y MC8, se obtuvieron los datos de humedad de suelo registrados por sensores en los últimos 6 años (2007-2012). Promediando la humedad de suelo mensual se observó (ver anexo 8) que la parcela de bosque temprano posee una mayor humedad de suelo en época seca que las parcelas del bosque intermedio y tardío, lo cual podría explicar porque este bosque obtiene incrementos mayores a los otros dos estadios. Información obtenida de manera verbal con el personal que trabaja en el parque, explican que las parcelas del bosque temprano se encuentran en una zona más baja que el bosque intermedio y tardío, por lo tanto topográficamente resguarda más humedad que las partes más altas del parque y está más influenciado por el nivel freático.

También hay que recordar que las parcelas están en una formación de suelos fluviales, de origen aluvial y que por tanto el Río Sao Francisco continúa regulando el nivel freático de estos suelos.

Además la alta tasa de crecimiento puede estar siendo afectada por el manejo anterior del suelo. Viera *et al.* (2007) en un bosque seco en Goiás en Brasil, obtuvieron mayores tasas de crecimiento en un bosque en regeneración después de haber sido quemado, encontrando los más altos niveles de nutrientes, incluso 7.5 años después del incendio, comparando con bosques con menor perturbación. La aparición de especies de etapas maduras en bosques iniciales está claramente relacionada con la intensidad y el manejo del suelo en el pasado (Romero-Duque *et al.* 2007; Chazdon *et al.* 2011). En este estudio las parcelas tempranas posiblemente han aprovechado los efectos de las últimas quemadas realizadas antes de la creación del parque, lo que puede afectar positivamente las tasas de crecimiento.

La gran capacidad de rebrote de las especies puede ser afectada por la intensidad de las prácticas utilizadas para el manejo de los pastos como incendios, desmontes y uso del tractor o maquinaria pesada. En este caso la alta presencia de árboles con múltiples tallos en parcelas tempranas y la aparición de *M. urundeuva* en todos los tres estadios de sucesión del Parque Estadual Mata Seca sugieren que la regeneración por rebrote se produce en gran medida y se relaciona con el manejo anterior del suelo (Madeira *et al.*, 2009).

La alta tasa de incremento obtenido en el bosque temprano también puede deberse a la dominancia de la especie heliófita durable *M. urundeuva* (Anacardiaceae) la cual crece más rápidamente en los claros que en el sotobosque de bosques menos perturbados (Vieira *et al.* 2007). Esta especie llega a tener incrementos de hasta 17 mm/año en el estadio temprano, mientras que el estadio tardío, aunque sigue siendo dominante solo llega a incrementos de 5,5 mm/año. En el cuadro 5 se observa la gran significancia que posee esta especie en el estadio temprano, ya que al realizar el cálculo del ICA sin tomar en cuenta esta especie, la mediana general de los datos disminuye a  $3,31 \pm 5,52$  mientras que en el estadio intermedio y tardío la mediana sigue siendo la misma.

En el bosque seco de Santa Rosa, Costa Rica, Carvajal (2011) encontró que el estadio con mayor incremento fue el intermedio, y este mismo dominado por la especie *Rehdera trinervis* con una tasa de incremento de 11-15 mm/año, sin embargo esta misma especie solamente alcanzó incrementos de 4,5 mm/año en el estadio temprano, aun siendo una de las de mayor IVI en este estadio. En ambos bosques (mata seca y santa rosa) podemos atribuir que los estadios con mayor incremento diamétrico son aquellos dominados por especies con incrementos mayores debido a circunstancias favorables en las que se encuentran en un estadio determinado.

**Cuadro 5.** Incrementos corrientes anuales (mediana en mm/año) y desviaciones estándar en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

Estadio	N individuos	ICA (mm/año)	Desviación estándar	ICA (mm/año) sin <i>M. urundeuva</i>	Desviación estándar sin <i>M. urundeuva</i>
Temprano	173	5,02	6,41	3,25	5,37
Intermedio	370	2,55	2,69	2,55	2,69
Tardío	514	1,91	2,62	1,91	2,65

Cabe destacar que de los 173 individuos analizados para el estadio temprano, 56 individuos son de la especie *M. urundeuva* por lo que su presencia tiene una fuerte influencia el comportamiento del crecimiento del estadio temprano en donde solo la mediana de esta especie es de 11,78 mm/año mientras la mediana es de 1,27 mm/año en el intermedio y 2,86 mm/año en el tardío.

#### 5.4 Incrementos por parcela

Las parcelas que mayor incremento corriente anual presentan son: CC2, CC4 y CC5 (temprano) además todas las 6 parcelas del estadio temprano presentan un incremento mayor al resto de los estadios, sin embargo son las que presentan mayores desviaciones estándar. Los menores incrementos se encuentran en el estadio intermedio y tardío, las parcelas IC1, IC6 y MC6 presentan el menor incremento, como se puede observar en el cuadro 6.

Las parcelas con mayores incrementos en el bosque temprano, muestran una gran concentración de especies dominantes; en la parcela CC2 el 72% de los individuos son de la especie *M. urundeuva*. En la CC4 el 29,4% son de la especie *M. urundeuva* y 35% de *M. hostilis* y en la CC5 33,3% son de *M. urundeuva*, 16,6% de *M. hostilis* y 33,3% para ambas *H. Ochraceus* y *E. contortisiliquum*. Estas concentraciones pueden estar afectando el crecimiento, ya que como explicaremos más adelante, son especies altamente competentes en sus etapas iniciales de desarrollo. En el cuadro 6 en la última columna se observa como disminuye el ICA de las parcelas tempranas al quitar la especie más dominante.

**Cuadro 6.** Incrementos corrientes anuales (mm/año) según las medias de las 18 parcelas permanentes de muestreo ubicadas en tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

Estadio	Parcela	ICA	Desviación Estandar	ICA (mm/año)
		promedio (mm/año)		sin <i>M. urundeuva</i>
Temprano	CC2	7,57	6,11	2,03
	CC3	3,40	7,45	2,33
	CC4	6,31	3,92	4,84
	CC5	6,11	8,51	6,17
	CC6	5,09	6,89	3,22
	CC7	5,11	3,28	5,11
Intermedio	IC1	1,97	2,35	1,97
	IC2	2,57	2,29	2,57
	IC3	2,86	2,24	2,86
	IC4	4,04	2,73	4,09
	IC6	1,98	2,81	1,98
	IC7	3,26	2,29	3,26
Tardío	MC4	3,13	4,15	3,13
	MC5	2,46	1,71	2,46
	MC6	1,80	1,92	1,80
	MC7	3,11	3,41	3,11
	MC8	2,37	1,25	2,37
	MC9	2,40	2,33	2,40

Otro factor que puede influir en las diferencias de incrementos entre parcelas o estadios son los suelos. Como se observa en el anexo 2, las parcelas de bosque intermedio poseen un pH inferior a 5.5, y el contenido de bases no es tan alto como en las parcelas del temprano y tardío en donde el contenido es alto, lo que señala un índice de fertilidad más bajo y provoca un %SA (saturación de acidez mayor) (Calvo, 2008), sobre todo en la parcela IC6 y IC7. En las parcelas del bosque temprano se observa un alto contenido de bases lo que señala un buen índice de fertilidad natural y provoca un % SA (saturación de acidez muy bajo) (Calvo, 2008). Las parcelas del bosque tardío muestran la misma composición de suelos solo que poseen mayor cantidad de materia orgánica.

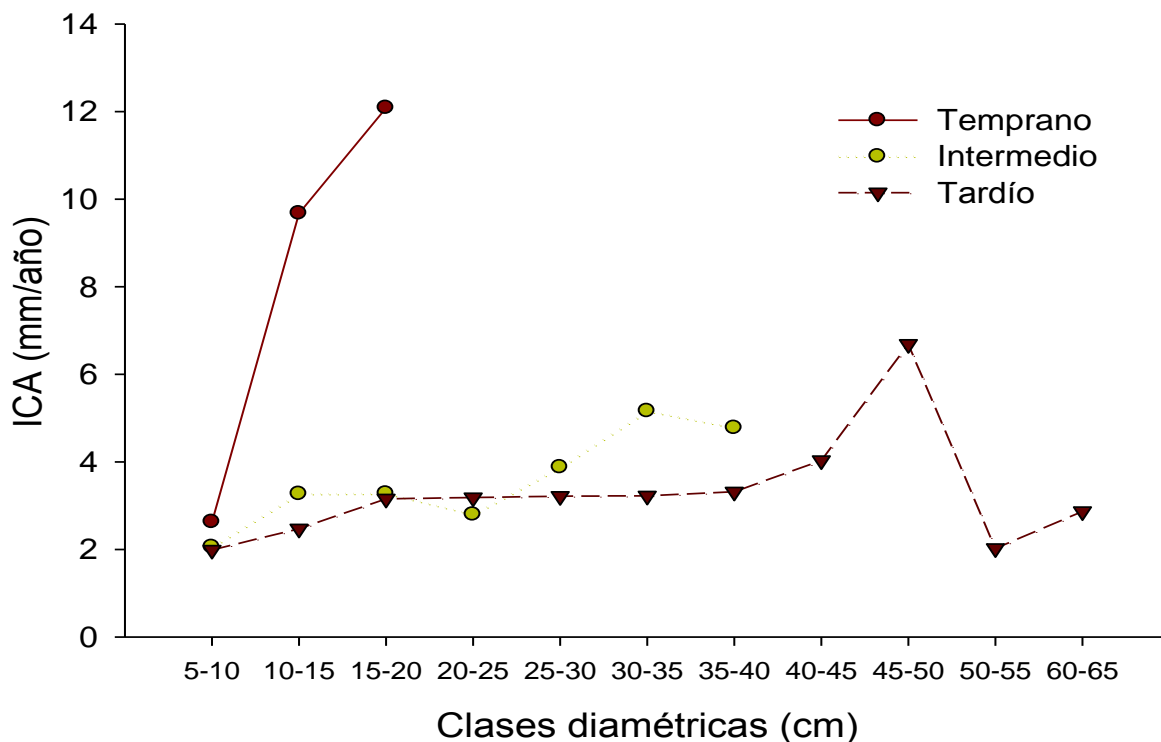
### **5.5 Incrementos por clase diamétrica**

En el estadio temprano los mayores incrementos diamétricos se concentran entre los 15 y 20 cm de diámetro, esto debido a que la cantidad de individuos disminuye por la competencia y los árboles que logran sobrevivir y llegar a estos diámetros, tendrán mejores condiciones de disponibilidad de luz y nutrientes, lo que se refleja en un mayor crecimiento. Carvajal (2011) también reporta para el bosque temprano de Santa Rosa, Costa Rica incrementos mayores en la clases de 15 a 20 cm.

El estadio intermedio tiene el máximo incremento entre los 30 y 35 cm de diámetro, aunque todas las categorías muestran un incremento entre 2-5 mm/año, sin grandes diferencias entre clases. Como se observa en el anexo 6 entre mayor la clase diamétrica, mayor tiende a ser su incremento, sin embargo, también su desviación estándar ya que al disminuir el número de observaciones por categoría aumenta la desviación estándar de la misma (Monge *et al.* 2002; Carvajal, 2011).

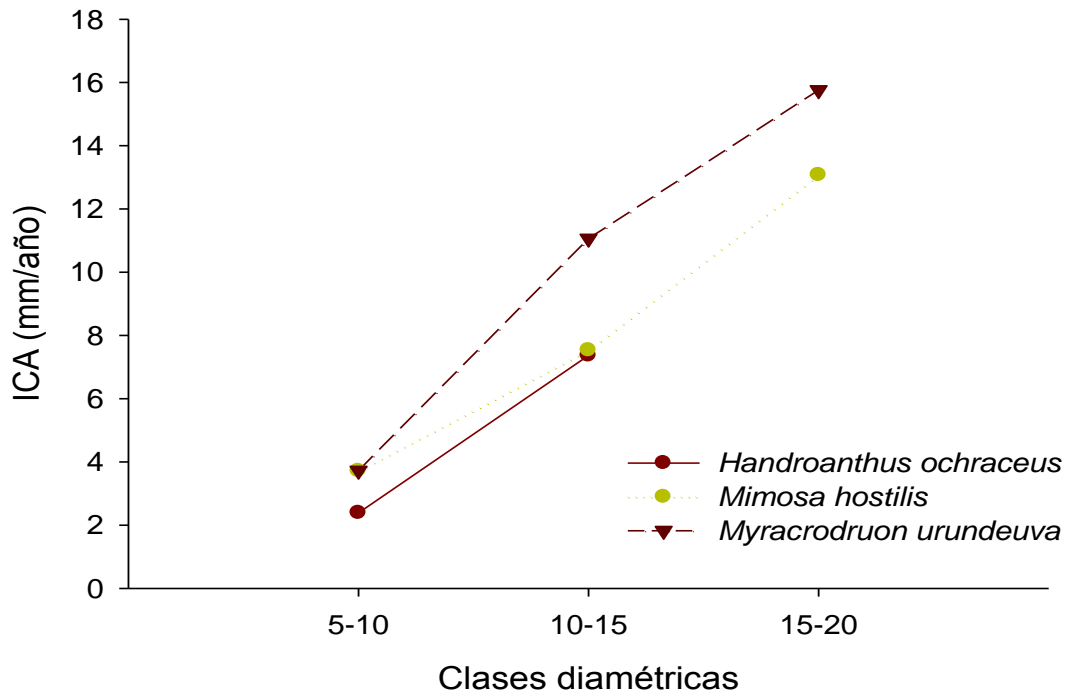
Por último el estadio tardío concentra el mayor incremento en la clase de 45 y 50 cm con un máximo de 6,6 mm/año. Meza y Mora (2003) también encontraron para el bosque seco del Parque Nacional Guanacaste en Costa Rica que el ICA máximo se dio en la clase de 45 cm, con 2,6 mm/año. Quirós (2002) explica que el incremento del área basal en estas clases en bosque maduros, se da debido a que los individuos logran obtener un lugar dentro del bosque (en el estrato que se encuentre) donde logran captar a plenitud los recursos que necesitan (principalmente luz) y que ocasionan un incremento acelerado de su diámetro. Con esto árboles emergentes y de dosel generalmente tienen un mayor incremento a mayores diámetros (Ghazoul y Sheil, 2010; Carvajal, 2011).

El valor más bajo se encuentra en la clase de 50 a 55 cm en donde los árboles entran en etapas maduras de floración y fructificación, donde la prioridad es reproducirse y no el crecimiento.



**Figura 9.** Incrementos corrientes anuales promedio según clases diamétricas para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Minas Gerais, Brasil.

En la figura 10 se observan los incrementos diámetros para las 3 especies con mayor IVI en el bosque temprano. *Handroanthus ochraceus* (Bignoniaceae) solamente se encuentra entre las clases diamétricas de 5 a 15 cm y no sobrepasa incrementos de 7 mm/año, mientras *Mimosa hostilis* (Fabaceae Mimosoideae) y *Myracrodruon urundeuva* (Anacardiaceae) se encuentran en todas las clases diamétricas del bosque temprano desde los 5 cm hasta los 20 cm y alcanzan incrementos diámetros de hasta 13 y 15 mm/año respectivamente. Además son dos de las especies que más crecen en el bosque temprano.

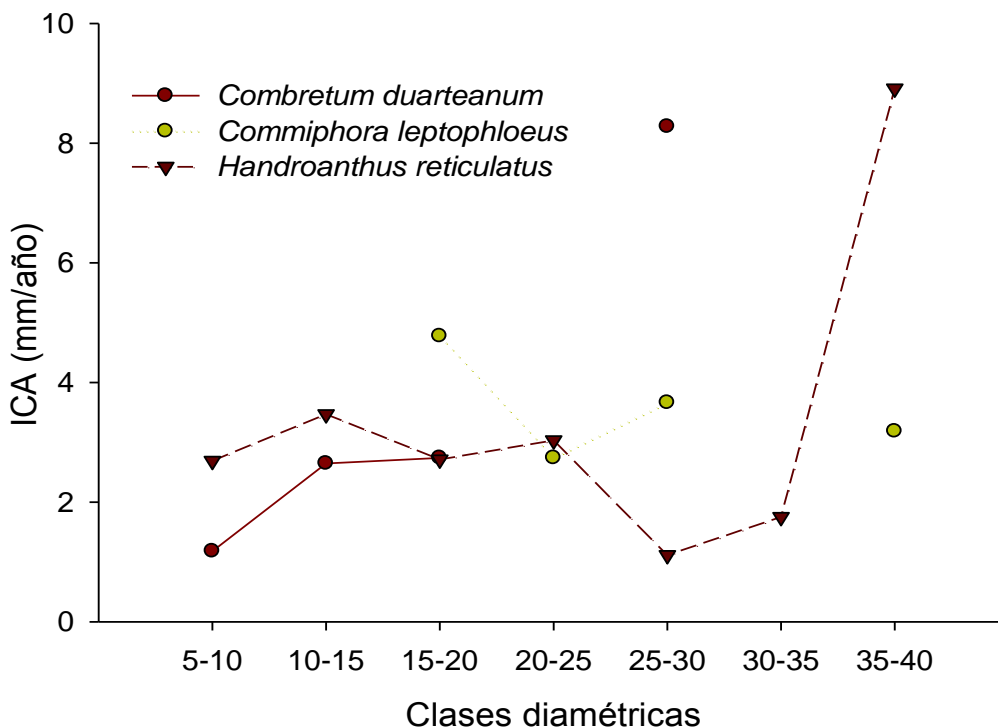


**Figura 10.** Incrementos corrientes anuales promedio según clases diamétricas para las tres especies con mayor IVI en el estadio sucesional temprano, Parque Estadual Mata Seca, Minas Gerais, Brasil.

*Handroanthus ochraceus* es una especie que posee compuestos fenólicos en sus hojas, además según Silva *et al.* (2011) el porcentaje de herbívora resulta ser mayor en los estadios intermedio y tardío y menor en el estadio temprano en el Parque Mata Seca. *Myracrodruon urundeuva* posee una barrera química formada por taninos producidos por el propio árbol, extractivos que tienen efectos fungicidas e insecticidas. Estas sustancias se forman principalmente en la transformación de albura a duramen (Braga, 1990; Amorim, 2002). Las hojas de *Mimosa hostilis* poseen alcaloides altamente alucinógenos por su activo DMT (N, N-dimetiltriptamina), esta especie es muy utilizada en rituales indígenas (Carneiro, 2004). Además datos sin publicar de Faccion *et al.* (2012) analizando las mismas especies que en este estudio en el Parque Mata Seca, mencionan que la concentración de compuestos fenólicos disminuye con el avance en el estadio sucesional y que la concentración de estos compuestos se relaciona negativamente con el daño foliar.

Estos factores pueden influir en la dominancia de estas especies y su alto incremento diamétrico en el bosque temprano ya que como Alves (2008) menciona, en años anteriores se dio la presencia de ganado en los bosques iniciales, puede ser que estas especies hayan sido las mayores sobrevivientes al no ser consumidas por el ganado. Además de esto, puede que sus tasas de sobrevivencia sean mayores por defensas químicas contra herbívora u otros agentes, permitiendo llegar a sus individuos a diámetros mayores.

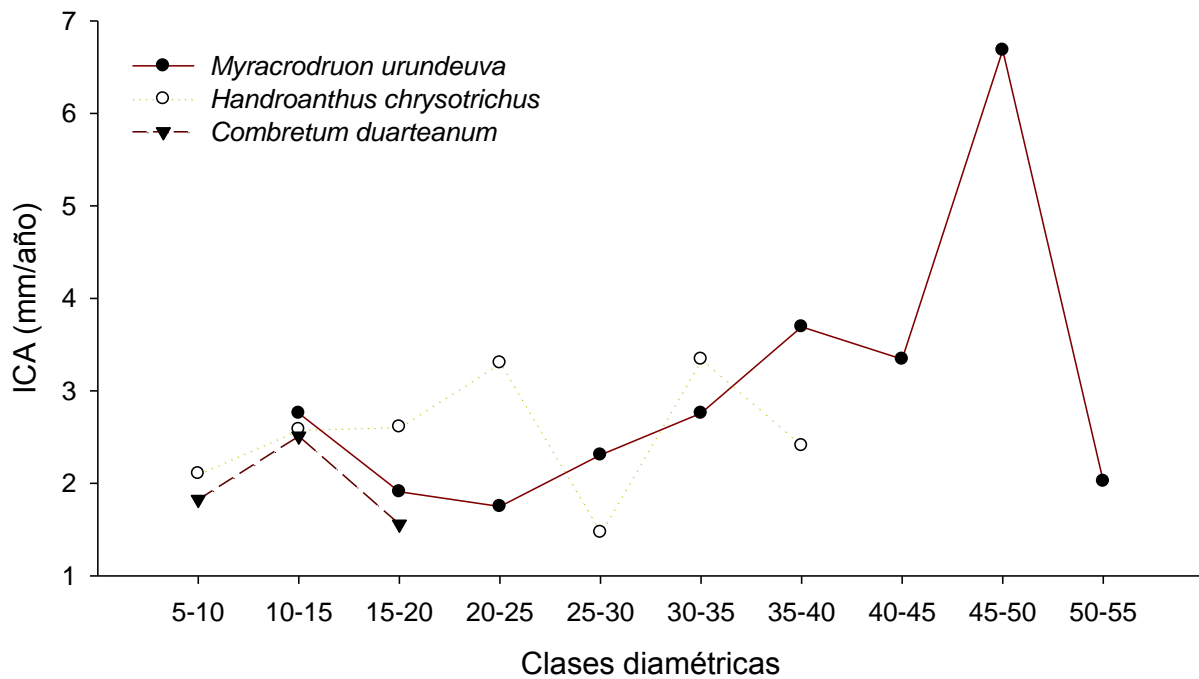
La figura 11 muestra los incrementos diamétricos para las 3 especies con mayor IVI en el estadio sucesional intermedio. *Combretum duarteanum* (Combretaceae) es una especie que solamente se encuentra en las clases diamétricas de 5 a 20 cm y vuelve aparecer en la clase de 25-30 cm, sus incrementos diamétricos mayores se dan en esta última categoría diamétrica. *Commiphora leptophloeus* (Burseraceae) es una especie que se encuentra en el bosque intermedio desde los 15 hasta 30 cm de diámetro y reaparece en la clase de 40 cm. Sus incrementos mayores no sobrepasan los 5 mm/año. *Handroanthus reticulatus* (Bignoniaceae) se ubica en todas las clases diamétricas y posee incrementos de hasta 7,5 mm/año en las clases diamétricas de 35 y 40 cm.



**Figura 11.** Incrementos corrientes anuales promedio según clases diamétricas para las tres especies con mayor IVI en el estadio sucesional intermedio, Parque Estadual Mata Seca, Minas Gerais, Brasil.



La figura 12 muestra los incrementos diámétricos para las especies con mayor IVI en el estadio sucesional tardío. *Combretum duarteanum* solamente se encuentra en los diámetros de 5 a 20 cm y no posee grandes incrementos diámétricos al igual que en el bosque intermedio. *Handroanthus chrysotrichus* se encuentra desde los 5 a 40 cm de diámetro y posee incrementos no mayores a 3 mm/año. *Myracrodruon urundeuva* se encuentra desde los 10 hasta 55 cm de diámetro y es la especie con mayores incrementos en el bosque tardío.



**Figura 12.** Incrementos corrientes anuales promedio según clases diamétricas para las tres especies con mayor IVI en el estadio sucesional tardío, Parque Estadual Mata Seca, Minas Gerais, Brasil.

## 5.6 Especies con menores y mayores incrementos

El cuadro 7 muestra el listado de especies con menores incrementos (promedio), como es de suponer la mayoría son del estadio sucesional tardío y solo tres del intermedio ya que conforme el bosque madura, los individuos entran en etapas de floración y fructificación, en donde su energía está dedicada a la reproducción y no al crecimiento.

**Cuadro 7.** Especies con menor ICA (mm/año) para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

Estadio	Especie	n	ICA (mm/año)	Desv std
Intermedio	<i>Lonchocarpus campestris</i>	2	1,33	3,29
Tardío	<i>Goniorrhachis marginata</i>	2	0,92	1,94
Tardío	<i>Auxemma oncocalyx</i>	6	1,86	1,79
Tardío	<i>Eugenia florida</i>	2	1,86	3,95
Tardío	<i>Syagrus oleracea</i>	5	1,86	1,91
Intermedio	<i>Cyrtocarpa caatingae</i>	3	0,97	3,29
Tardío	<i>Eugenia uniflora</i>	1	1,06	0,00
Tardío	<i>Ptilochaeta glabra</i>	1	1,06	0,00
Tardío, intermedio	<i>Aralia excelsa</i>	4	1,76	3,29
Tardío	<i>Luetzelburgia andradelima</i>	7	1,59	3,00

El cuadro 8 muestra el listado de especies con mayores incrementos en el bosque de Mata Seca, la mayoría son del estadio sucesional temprano, solo tres del estadio intermedio y dos del tardío.

Los mayores incrementos los obtiene la especie *Piptadenia viridiflora* y *Ruprechtia fagifolia* en el estadio temprano con incrementos promedio de 11,08 y 11,28 mm/año respectivamente. Además se encuentran las dos especies con mayor IVI en el estadio temprano *Mimosa hostilis* (7,02 mm/año) y *Myracrodruon urundeuva* (7,33 mm/año).

Carvajal (2011) también registra para las especies con mayor IVI en Santa Rosa, Costa Rica en el estadio intermedio, incrementos mayores como la especie *Rehdera trinervis* y *Swietenia macrophylla*.

**Cuadro 8.** Especies con mayor ICA promedio (mm/año) para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

Estadio	Especie	n	ICA (mm/año)	Desv std
Temprano	<i>Piptadenia viridiflora</i>	2	11,08	4,47
Tardío	<i>Plathymenia reticulata</i>	5	7,30	7,92
Temprano	<i>Mimosa hostilis</i>	13	7,02	8,02
Temprano	<i>Ruprechtia fagifolia</i>	1	11,28	0,00
Temprano	<i>Schinopsis brasiliensis</i>	4	9,39	1,52
Temprano	<i>Platymiscium blanchetii</i>	6	7,44	4,24
Temprano, intermedio	<i>Enterolobium contortisiliquum</i>	6	8,84	5,98
Temprano, intermedio y tardío	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	87	7,33	5,66
Temprano	<i>Senegalia polyphylla</i>	5	8,35	3,38
Intermedio	<i>Cnidoscylus pubescens</i>	1	8,02	0,00

### 5.7 Tiempos de paso

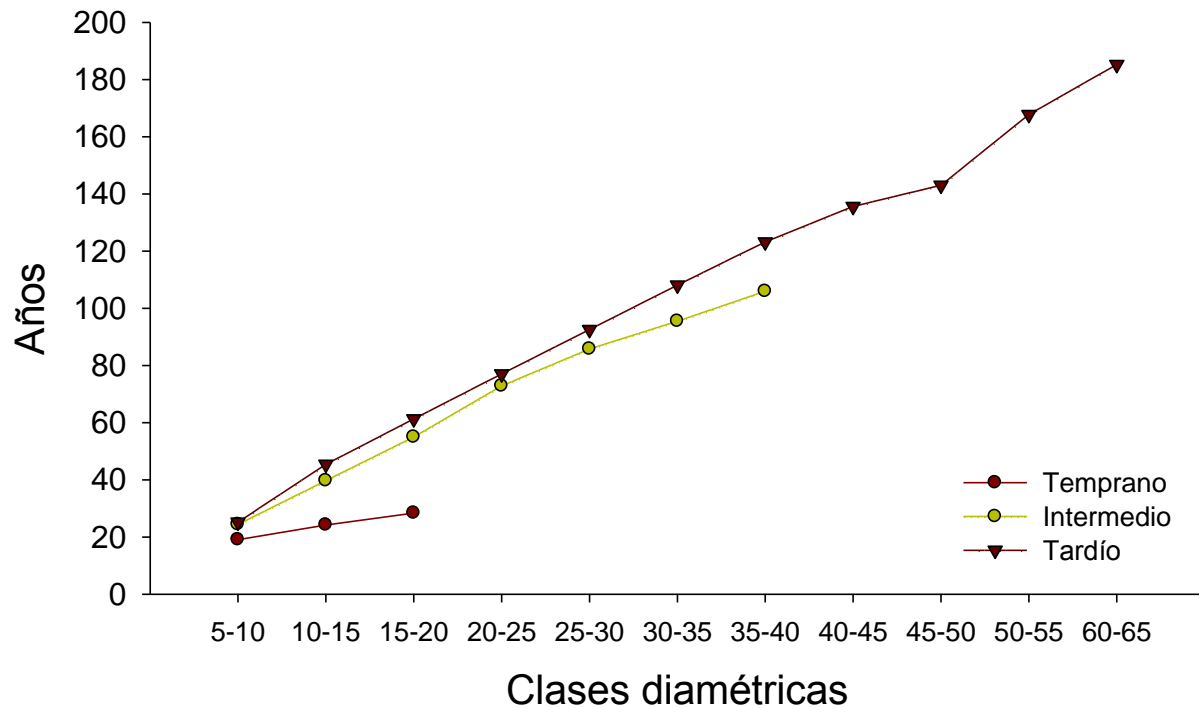
El cuadro 9 se muestra los tiempos de paso por clase diamétrica para los tres estadios del PEMS. Entre más avanzado es el estadio, mayor es la cantidad de años que deben transcurrir para que un individuo pase de una clase diamétrica a otra.

Para la clase diamétrica de 50-55 en este estudio se obtiene una edad acumulada de 167,8 años, un dato más bajo que el obtenido por Carvajal (2011) en donde registra una edad acumulada de 269,5 años para la misma clase diamétrica en el bosque seco de Santa Rosa Costa Rica. Esta diferencia se debe a que el bosque del Parque Estadual Mata Seca obtiene para los tres estadios sucesionales incrementos promedio mayores a los obtenidos para el bosque seco de Santa Rosa, por lo cual un individuo promedio dura menos años en pasar de clase diamétrica en este bosque que en el de Costa Rica.

**Cuadro 9.** Tiempos de paso para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil.

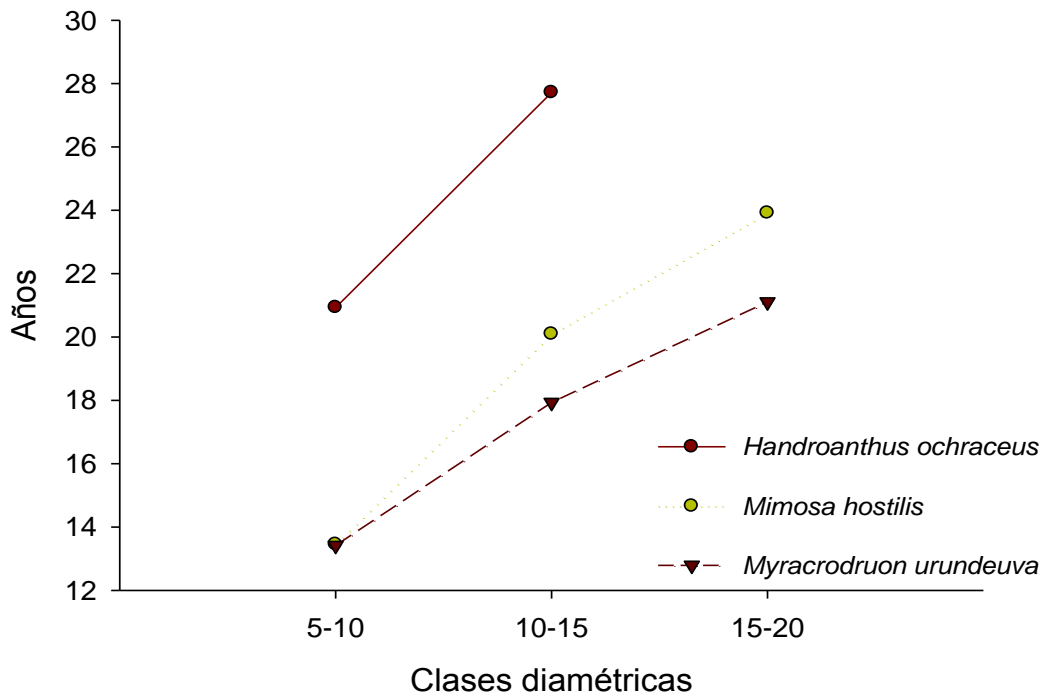
Clase (cm)	Temprano			Intermedio			Tardío		
	ICA (mm)	Tiempo de paso (años)	Edad acumulada (años)	ICA (mm)	Tiempo de paso (años)	Edad acumulada (años)	ICA (mm)	Tiempo de paso (años)	Edad acumulada (años)
5-10	2,6	19,0	19,0	2,1	24,4	24,4	2,0	25,2	25,2
10-15	9,7	5,2	24,2	3,3	15,3	39,7	2,5	20,3	45,4
15-20	12,1	4,1	28,3	3,3	15,3	54,9	3,2	15,8	61,3
20-25				2,8	17,9	72,8	3,2	15,7	77,0
25-30				3,9	12,9	85,7	3,2	15,6	92,6
30-35				5,2	9,7	95,4	3,2	15,5	108,1
35-40				4,8	10,5	105,9	3,3	15,1	123,1
40-45							4,0	12,4	135,5
45-50							6,7	7,5	143,0
50-55							2,0	24,7	167,8
60-65							2,9	17,5	185,2

En la figura 13 se pueden observar los tiempos de paso acumulados gráficamente para cada categoría diamétrica. El bosque temprano posee una curva muy corta que llega apenas a las clases diamétricas de 20 cm en 28 años, el intermedio llega hasta las clases diamétricas de 35-40 cm en 106 años y el estadio tardío muestra la mayor curva llegando hasta los 60-65 cm de diámetro en 185,2 años.



**Figura 13.** Tiempos de paso para tres estadios sucesionales en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil.

En el gráfico 14 se observan los tiempos de paso para las tres especies con mayor IVI en el estadio sucesional temprano, la especie *Myracrodruon urundeuva* por su rápido crecimiento es la que posee el menor tiempo de paso con apenas 13 años para pasar de la categoría 5-10 cm a 10-15 cm y en 21 años alcanzar la categoría superior de 15-20 cm. *Mimosa hostilis* durara en promedio 24 años para alcanzar la categoría superior y *Handroanthus ochraceus* 28 años.



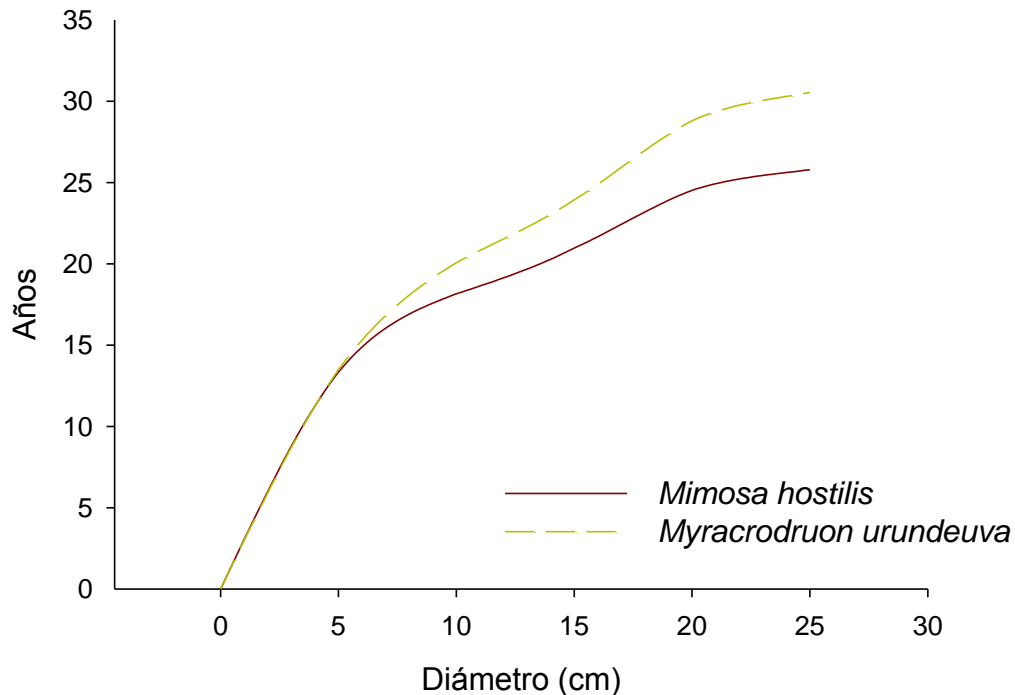
**Figura 14.** Tiempos de paso para las tres especies con mayor IVI en el estadio sucesional temprano en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil

De las curvas de crecimiento en la figura 15, tomando las especies *Mimosa hostilis* y *Myracrodruon urundeuva* podemos obtener una ecuación que modela el crecimiento de los arboles, la cual permite calcular la edad aproximada de los arboles a partir de un diámetro cualquiera. Las ecuaciones que mejor se ajustan al crecimiento se presentan a continuación:

$$\textit{Mimosa hostilis}: \text{años} = 9,5278 \ln(d) + 13,463 \quad R^2 = 1$$

$$\textit{Myracrodruon urundeuva}: \text{años} = 6,9496 \ln(d) + 13,335 \quad R^2 = 0,99$$

Con estos modelos obtenemos la figura 15, en la cual se puede observar que ambas especies alcanzan diámetros de 20 cm en aproximadamente 25 años. Esto nos puede dar una referencia del comportamiento de la sucesión de Mata Seca, en donde un área en comienzos de sucesión puede llegar en menos de 25 años a tener diámetros de 20 cm, ósea convertirse en una sucesión intermedia, dadas las condiciones del lugar descritas anteriormente.



**Figura 15.** Curva de crecimiento diamétrico promedio de las 2 especies con mayor IVI en el estadio sucesional temprano en el Parque Estadual da Mata Seca. Brasil

### 5.8 Mortalidad

En el cuadro 10 se presentan por parcela la mortalidad y el número de ingresos. La mayor mortalidad se presentó en el estadio temprano con 202 individuos muertos y la parcela con mayor mortalidad fue la CC3. Sin embargo el mayor número de ingresos también se observa en el estadio temprano con 369 individuos y la misma parcela CC3 es la que reporta mayor número de ingresos. El estadio intermedio posee 89 individuos muertos y 177 ingresos.

El estadio tardío es el que posee menor mortalidad con 79 individuos y además menos número de ingresos con 105. Además los balances entre los que salen y los que entran suele ser más bajo ya que es de esperar que en bosques más maduros la tasa de mortalidad e ingresos se mantenga relativamente estable en el tiempo; los ingresos dependen directamente de la tasa de mortalidad y solo es suficiente para sustituir la biomasa saliente (Monge *et al*, 2002).

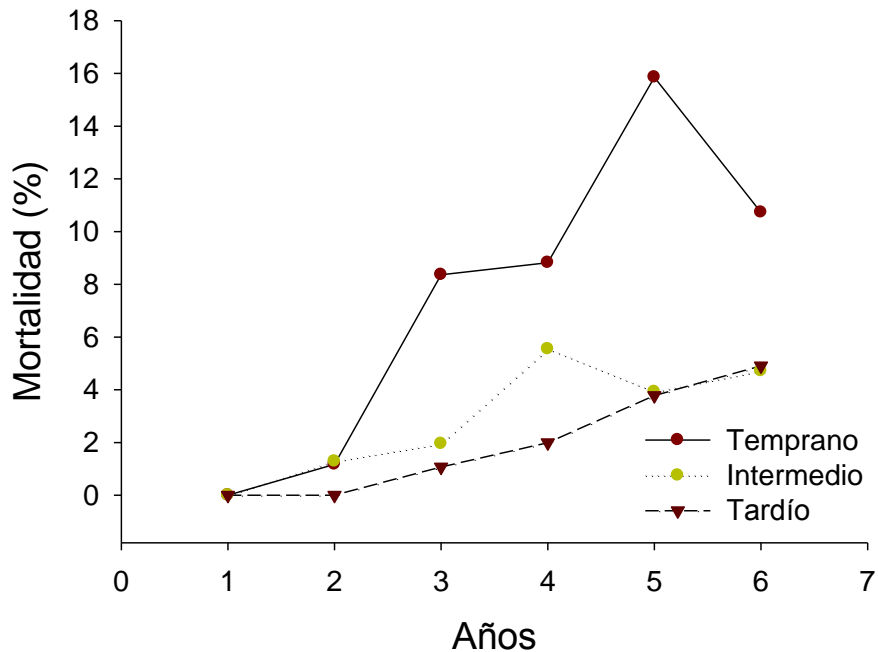
**Cuadro 10.** Balance de número de individuos muertos por parcela e ingresos para el Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

<b>Estadio</b>	<b>Parcela</b>	<b>Mortalidad</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Balance</b>
Temprano	CC2	37	65	28
	CC3	74	105	31
	CC4	34	41	7
	CC5	23	51	28
	CC6	20	95	75
	CC7	14	12	-2
	Intermedio	IC1	12	25
IC2		15	33	18
IC3		13	37	24
IC4		10	34	24
IC6		25	20	-5
IC7		14	28	14
Tardío		MC4	14	18
	MC5	13	18	5
	MC6	10	19	9
	MC7	28	28	0
	MC8	10	15	5
	MC9	4	7	3
<b>Total</b>		<b>370</b>	<b>651</b>	<b>281</b>

Las tasas de mortalidad en los 5 años fueron significativamente mayores en la sucesión temprana ( $F = 12,9$ ,  $P < 0,01$ ), con una tasa de 13,8%, 4,4% en el intermedio, y el 2,8% en el bosque tardío.

Como se observa en la figura 16, las tasas de mortalidad incrementaron durante los 5 años de medición. En el año 5 (2010) se observa un incremento en la tasa de mortalidad del estadio temprano, según informaciones obtenidas de manera verbal por el equipo de medición de ese año, una tormenta fuerte afectó varias de las parcelas del estadio temprano e intermedio, ocasionando gran caída de árboles y quiebra de copas, lo cual explicaría el aumento en la mortalidad de ese año.



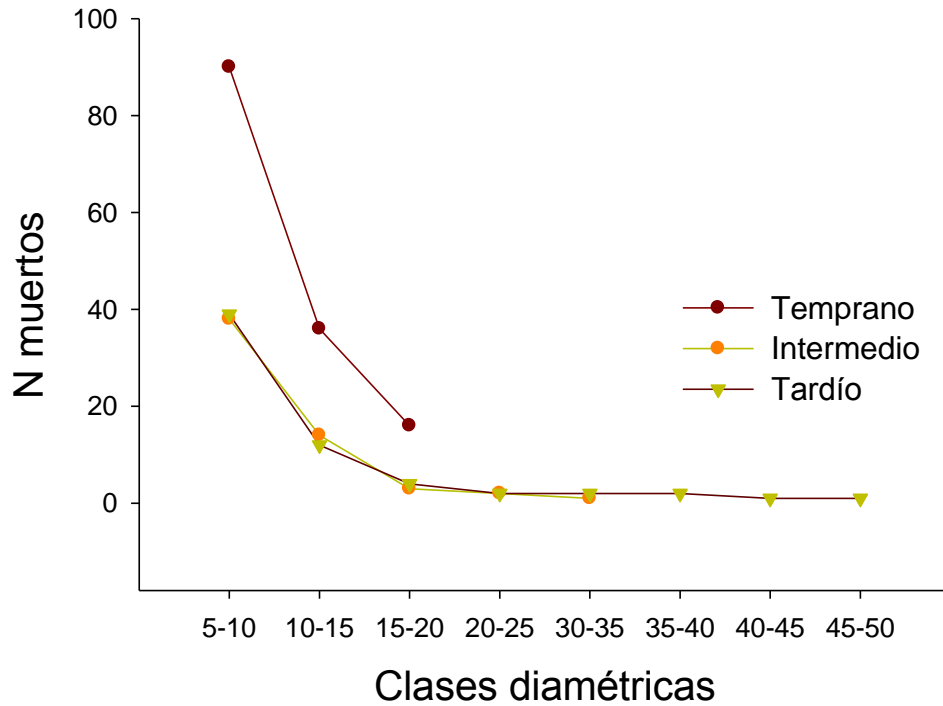


**Figura 16.** Porcentaje de mortalidad del 2006-2011 para los tres estadios sucesionales, Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

Monge *et al.* (2002), obtuvieron tasas de mortalidad de 2,4% para el bosque seco de Palo Verde Costa Rica con mediciones de 29 años, Uslar *et al.* (2004) encontró en el bosque seco de Santa cruz, Bolivia entre 1995 y 2002 tasas de mortalidad promedio de 1,98% para todo el bosque, sin embargo para especies pioneras reporta tasas de mortalidad del 100% y encontró las más altas tasas de mortalidad en especies pioneras y especies del dosel inferior. Sin embargo estos datos no son comparables dado que cada estudio parte de diferentes diámetros base de medición, es decir este estudio mide todos los arboles a partir de 5 cm de DAP, mientras que otros lo hacen a partir de 10 cm, 20 o 30 cm.

En este estudio también se obtuvieron mortalidades del 100%, en algunas especies heliófitas de rápido crecimiento. La muerte de especies pioneras se atribuye a la alta competencia con otras especies tolerantes a la sombra (Uslar *et al.* 2004). En el anexo 6 se enlistan las especies que murieron durante los años 2006-2011 y sus porcentajes de mortalidad.

La figura 17 muestra el comportamiento de la mortalidad en forma de j invertida, en donde las clases diamétricas menores, son las que poseen mayor número de muertos, ya que la competencia por espacio es mayor producto de la alta variedad de especies que ocupan o pasan por estas categorías (Monge *et al*, 2002). Además la mortalidad del bosque intermedio y tardío posee un comportamiento muy similar, en donde a partir de los 20-25 cm de diámetro, la curva se estabiliza y el número de individuos muertos en estas categorías es mínimo.



**Figura 17.** Mortalidad del 2006-2011 según clases diamétricas para los tres estadios sucesionales, Parque Estadual da Mata Seca, Brasil.

## 6. Consideraciones finales

Los procesos de sucesión resultan ser más lentos en los bosques secos tropicales, en términos de crecimiento y otros factores de desarrollo (Ewel, 1977; Murphy y Lugo, 1986). El crecimiento de los bosques secos tropicales está limitado a cortos períodos de disponibilidad de agua (Quesada et al, 2009) y por esto el incremento diamétrico anual en los bosques secos es casi la mitad del incremento de bosques húmedos (Murphy y Lugo, 1986). Además la disponibilidad de hojas para fotosíntesis en los bosques secos depende a su vez de la humedad del suelo, el almacenamiento de agua en el tallo, luz, déficit de presión de vapor, y el fotoperíodo (Giraldo y Holbrook, 2011).

Aunque los bosques secos pueden ser más dinámicos que muchos bosques húmedos, en términos de salida y entrada de biomasa (Monge *et al*, 2002), estos se siguen considerando, en términos generales, menos dinámicos que los bosques húmedos tropicales (Phillips *et al*. 1998; Uslar *et al*, 2003). Por esto los bosques secos tropicales son más susceptibles a la perturbación humana, porque sus tasas de crecimiento y regeneración son más bajas, además la reproducción es muy estacional y la mayoría de las plantas son dependientes de la polinización animal (Bawa,1974, 1990; Frankie *et al.*, 1974; Murphy y Lugo, 1986; Hamrick y Murawski, 1990; Bullock, 1995; Jaimes y Ramirez, 1999; Quesada *et al.*, 2001, 2004, in press; Cascante *et al.*, 2002; Fuchs *et al.*, 2003; Quesada *et al*. 2009).

Además al ser el agua el principal recurso limitante y la extensa longitud de la estación seca (Whigham *et al*.1990; Clark y Clark, 1992; Enquist y Leffler, 2001; Carvajal, 2011), estos ecosistemas sufren una grave amenaza con el cambio climático, ya que se alterará probablemente la cantidad y la distribución de las precipitaciones en las regiones de bosques secos tropicales (Jaramillo, *et al*. 2011) lo cual puede alterar el crecimiento y desarrollo de estos bosques.

El gran interés en la productividad de bosques secos secundarios es relevante ya que estos bosques cubren un área cada vez mayor en todas las regiones con bosques secos tropicales. Tal información permite analizar los caminos tomados y el tiempo necesario para la recuperación del bosque, y el grado en que se puede recuperar (Jaramillo, *et al*. 2011).

## 7. Conclusiones

- La estructura y composición del bosque del Parque Estadual de Mata Seca se vuelve más compleja y dinámica conforme se avanza en los estadios sucesionales.
- De los tres estadios evaluados, los incrementos diámetricos fueron mayores en el estadio temprano, mientras que los menores incrementos se encuentran en el estadio tardío sin embargo no se muestra diferencia entre los incrementos del estadio intermedio y tardío.
- Las altas tasas de crecimiento del estadio temprano se ven influenciadas por la dominancia de la especie *Myracrodruon urundeuva* y las mejores condiciones para el crecimiento como humedad del suelo y fertilidad, que los estadios intermedio y tardío.
- Entre las parcelas evaluadas, dentro del mismo estadio no se observa variación en cuanto a incrementos diámetricos, número de especies y su composición. Las parcelas del estadio intermedio tienden a un comportamiento similar a las del tardío.
- Para los tres estadios analizados los incrementos diámetricos aumentan conforme aumenta la clase diamétrica, Sin embargo en el estadio intermedio y tardío al llegar a un diámetro mayor determinado estos incrementos comienzan a disminuir.
- Las especies que poseen mayores incrementos diámetricos en su mayoría se encuentran en el estadio temprano con una fuerte representación de las especies dominantes *Myracrodruon urundeuva* (*Anacardiaceae*) y *Mimosa hostilis* (*Fabaceae Mimosoideae*).
- Por la densidad de la madera, su dominancia y alta tasa de crecimiento, la especie *Myracrodruon urundeuva* merece ser estudiada a profundidad como una especie con un fuerte potencial para el manejo silvicultural ya sea en sistemas agroforestales, plantaciones forestales o en el manejo sostenible del bosque seco tropical, al igual por su alta tasa de crecimiento en el bosque temprano *Mimosa hostilis* también resulta ser una especie interesante para la investigación y el manejo.
- Las especies con menores incrementos diámetricos se ubican mayoritariamente en el estadio tardío.

- Las tasas de crecimiento diamétrico para los tres estadios resultaron inesperadamente altas en comparación a lo reportado por la literatura. Hay dos explicaciones, la composición florística y las condiciones del sitio favorables, pero se debe profundizar las causas de estos resultados.
- Los tiempos de paso dependen del estado del bosque, entre más avanzado es el estadio, mayor es la cantidad de años que deben transcurrir para que un individuo pase de una clase diamétrica a otra.
- En Mata Seca un área en inicios de sucesión dura en promedio 25 años en llegar a tener diámetros mayores a 20 cm y establecerse como bosque de sucesión intermedio.
- La tasa de mortalidad es mayor en la sucesión temprana y en las clases diamétricas menores de los tres estadios sucesionales.

## **8. Recomendaciones finales**

Se deben marcar los árboles dentro de las parcelas a una misma altura de medición, ya que las parcelas contienen muchos árboles con tallos múltiples o deformes, que han sido medidos cada año por personas distintas, sin tener un punto de medición o referencia igual.

Es recomendable tener un mismo equipo de medición de las parcelas, o al menos un encargado que pueda ir año con año a medir o capacitar a otra persona, ya que al cambiar de personal cada año, se encuentran muchos errores en la base de datos y en las notas de campo debido a descuidos por falta de conocimiento y cuidado.

Estudios recientes utilizan rarefracción o curvas de acumulación de especies, para estandarizar las muestras utilizando mismo número de individuos para el análisis de índices de diversidad.

## 9. Bibliografía

- Aguirre, Z.; Kvist, P.; Sánchez, O. 2006. Bosques secos en Ecuador y su diversidad. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, p 162-187.
- Álvarez, M., L. D. Avila-Cabadilla, R. Berbara, J. C. Calvo-Alvarado, P. Cuevas-Reyes, M. M. do Espirito Santo, Á. Fernández, G. Wilson Fernandes, R. Herrera, M. Kalácska, D. Lawrence, F. Monge Romero, J. M. Nassar, M. Quesada, R. Quesada, B. Rivard, V. Sanz D'Angelo and K. Stoner. 2008. Manual of Methods: Human, Ecological and Biophysical Dimensions of Tropical Dry Forests. J. M. Nassar, J. P. Rodríguez, A. Sánchez-Azofeifa, T. Garvin and M. Quesada, editors. Ediciones IVIC, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC), Caracas, Venezuela. 127 p.
- Alves, R. 2008. Zoneamento ambiental e os desafios da implementação do Parque Estadual Mata Seca, Município de Manga, Norte de Minas Gerais. Universidade Federal de Minas Gerais Instituto de Geociências Departamento de Geografia. Belo Horizonte Instituto de Geociências da UFMG.
- Amorim, K; Lemos de Moraes, S; Nascimento, E. 2002. Caracterização dos Taninos da Aroeira-Preta (*Myracrodruon urundeuva*). R. Árvore, Viçosa-MG, V.26, n.4, p.485-492.
- Calvo-Alvarado, J. 2008. Curso de suelos Forestales. Serie de apoyo académico. Escuela de Ingeniería Forestal. 98 p.
- Campo Alves, J. 2003. Disponibilidad de nutrimentos en una toposecuencia con Bosque Tropical Seco en México. Agrociencia. 37: 211-219.
- Carneiro, H.S. 2004. As plantas sagradas na história da América. Varia Historia nº 32, São Paulo, p 102-119.
- Carvajal, D. 2011. Crecimiento del Bosque Seco Tropical en tres estadios sucesionales en el Parque Nacional Santa Rosa, Costa Rica. Tesis para optar por el grado de licenciado en Ingeniería Forestal. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Chazdon, R; Harvey, C; Martínez-Ramos, M; Balvanera, P; Stoner, K; Schondube, J; Avila-Cabadilla, L.D; Flores-Hidalgo, M. 2011. Seasonally Dry Tropical Forest Biodiversity and Conservation Value in Agricultural Landscapes of Mesoamerica. . In: Dirzo R., Young H., Mooney H. and G. Ceballos. (eds.), Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation 195-220. Island Press. London. UK. 408 p.
- Chazdon, R; Norden, N; Chao, A; Jiang, Y; Vílchez, B. 2009. Resilience of tropical rain forests: tree community reassembly in secondary forests. Ecology Letters, (2009) 12: 1–10. p 5-8.

- Curtis, R; Marshall, D. 2000. Why Quadratic Mean Diameter? Technical Note. Pacific Northwest Research Station. West. J. Appl. For. 15(3):137-139.
- Espírito-Santo, M; Cássio, A; Anaya, F; Barbosa, R; Fernandes, W; Sanchez-Azofeifa, A; Scariot, A; Eustáquio de Noronha, S; Andrade, C. 2009. Sustainability of tropical dry forests: Two case studies in southeastern and central Brazil. *Forest Ecology and Management* 258 (2009) p 922–930.
- Eva, H.; de Miranda, E.; Di Bella, C.; Gond, V.; Huber, O.; Sgrenzaroli, M.; Jones, S.; Coutinho, A.; Dorado, A.; Guimarães, M.; Elvidge, C.; Achard, F.; Belward, A.; Bartholomé, E.; Baraldi, A.; De Grandi, G.; Vogt, P.; Fritz, S.; Hartley, A. 2002. A Vegetation Map of South America. European Communities. EUR 20159 EN.
- Faccion, G; Oliveira, J; Mendes, A; Espírito-Santo, M. 2012. Herbívora, Características Foliaves e Sucessão Secundária em uma Floresta Tropical Seca. Laboratório de Ecologia Evolutiva, Departamento de Biologia Geral/CCBS, Universidade Estadual de Montes Claros, Montes Claros-MG, Brasil.
- Giraldo, JP; Holbrook, M. 2011. Physiological Mechanisms Underlying the Seasonality of Leaf Senescence and Renewal in Seasonally Dry Tropical Forest Trees. In: Dirzo R., Young H., Mooney H. and G. Ceballos. (eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation* 129-140. Island Press. London. UK. 408 p.
- Holdridge, L,R. 1967. Life zone ecology. Tropical Science Center, San Jose, Costa Rica, 149p.
- Instituto Estadual De Florestas - IEF. 2000. Parque Estadual da Mata Seca. Belo Horizonte, 25p.
- Janzen, D,H. 1988. Tropical dry forests: The most endangered major tropical ecosystem, In: Wilson, E,O, (Ed.), *Biodiversity*, National Academy Press, Washington D,C,, pp, 130-137.
- Jaramillo, V; Martínez-Yrizar, A; Sanford, R. 2011. Primary Productivity and Biogeochemistry of Seasonally Dry Tropical Forests. in *Seasonally Dry Tropical Forest Trees*. In: Dirzo R., Young H., Mooney H. and G. Ceballos. (eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation* 109-128. Island Press. London. UK. 408 p.
- Kalacska, M.; Sanchez-Azofeifa, A.; Calvo-Alvarado J.; Quesada M.; Janzen, D. 2004. Species composition, similarity and diversity in three successional stages of tropical dry forest. *Forest Ecology and Management* (200): 227–247.
- Linares-Palomino, R. 2004a. Los Bosques Tropicales Estacionalmente Secos: I. El concepto de los bosques secos en el Perú. *Arnaldoa* 11:85-102.
- Madeira, B; Espírito-Santo, M; D'Ángelo, S; Nunes, Y; Sánchez-Azofeifa, A; Fernandes, W; Quesada, M. 2009. Changes in tree and liana communities along a successional gradient in a tropical dry forest in south-eastern Brazil. *Plant Ecol* 201:291–304.



- Magurran, A; McGill, B. 2011. Biological Diversity. Frontiers in Measurement and Assessment. Oxford University Press Inc. New York. p 68.
- Meza, V; Mora, F. 2003. Dinámica y Crecimiento Diamétrico del Bosque Seco Tropical no manejado. Parque Nacional Guanacaste, Costa Rica. Propuesta de ponencia presentada al XII Congreso Forestal Mundial. Quebec, Canadá.
- Monge, A; Quesada, R; González, E. 2002, Estudio de la dinámica del bosque seco tropical a partir de parcelas permanentes de muestreo en el parque nacional Palo Verde, Bagaces, Costa Rica. In: Chaverri, A., Quesada, R., Chaves, E., Fonseca, W., Sanabria, E. Ecosistemas forestales de bosque seco tropical: investigaciones y resultados en Mesoamérica, Universidad Nacional, INISEFOR, Heredia, CR. 175-184.
- Moraes e Silva, S. 2006. Manejo De Florestas Nativas: Planejamento, Implantação e monitoramento. UFMT – Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá. MT.p 37.
- Moura, A.E.S.S.; Correa, M.M.; Silva, E.R.; Ferreira, R.L.C.; Figueiredo, A.C.; Possas, J.M.C. 2009. Interceptação das chuvas em um fragmento de floresta da mata Atlântica na Bacia do Prata, Recife, PE. R. Árvore, Viçosa-MG. 33(3): 461-469.
- Murphy, P.; Lugo, A.1986. Ecology of tropical dry forest. Annals Review of Ecology and Systematics 17 : 67-68
- Neves, F; Braga, R; Espírito-Santo, M; Delabie, J; Fernandes, W; Sánchez-Azofeifa, A. 2010. Diversity of Arboreal Ants In a Brazilian Tropical Dry Forest: Effects Of Seasonality and Successional Stage. Sociobiology Vol. 56, No. 1: 1-18.
- Orozco, L; Brumér, C. (eds). 2002. Inventarios Forestales para Bosques Latifoliados em América Central. Serie técnica n 50.CATIE, Turrialba, Costa Rica. 264p.
- Portillo-Quintero, C; Sánchez-Azofeifa, A. 2010. Extent and conservation of tropical dry forests in the Americas Biological Conservation. 143 (1).pp.144-155.
- Quesada, R. 2002. Dinámica del bosque muy húmedo tropical diez años después de la intervención forestal en la Región Huetar Norte de Costa Rica. Informe de práctica de especialidad. ITCR. Cartago, Costa Rica. p.13.

- Quesada, M., G; Sánchez-Azofeifa, A; Alvarez-Añorve, M; Stoner, K.E; Avila-Cabadilla, L; Calvo-Alvarado, J; Castillo, M.M, A; Espírito-Santo, M; Fagundes, M; Fernandes, G.W; Gamon, J; Lopezaraiza-Mikel, M; Lawrence, D; Cerdeira Morellato, L.P; Powers, J.S; de S. Neves, F; Rosas-Guerrero, V; Sayago, R; Sanchez Montoya, G. 2009. Succession and management of tropical dry forests in the Americas: Review and new perspectives. *Forest Ecology and Management* 258: 1014–24.
- Quirós, B.K. 2002. Composición florística y estructural para el bosque primario del Hotel La Laguna Lagarto Lodge, Boca Tapada de Pital, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Informe de práctica de especialidad. ITCR. Cartago, Costa Rica. pp. 14-15, 46-62.
- Sánchez-Azofeifa, .A.; Kalacska, M.; Quesada M.; Calvo-Alvarado, J.; Nassar & J.P. Rodriguez. 2005. Need for integrated research for a sustainable future in tropical dry forests. *Conservation Biology* 19: 285-286.
- Sánchez-Azofeifa A; Portillo-Quintero, C. 2011. Extent and Drivers of Change of Neotropical Seasonally Dry Tropical Forests. In: Dirzo R., Young H., Mooney H. and G. Ceballos. (eds.), *Seasonally Dry Tropical Forests: Ecology and Conservation* 45-57. Island Press. London. UK. 408 p.
- Silva, J; Espírito-Santo, M; Melo, G. 2011. Herbivory on *Handroanthus ochraceus* (Bignoniaceae) along a successional gradient in a tropical dry forest. *Arthropod-Plant Interactions* (2012) 6:45–57.
- Uslar, Y; Mostacedo, B; Saldias, M. 2004. Composición, estructura y dinámica de un bosque seco semideciduo en Santa Cruz, Bolivia. *Ecología en Bolivia*, vol.39, no.1, p.25-43. ISSN 1605-2528.
- Vieira, D; Scariot, A; Holl, K. 2007. Effects of Habitat, Cattle Grazing and Selective Logging on Seedling Survival and Growth in Dry Forests of Central Brazil. *Biotropica*. Vol 39. p 269–274.

## 10. Anexos

**Anexo 1.** Resumen de mediciones climáticas, promedios mensuales desde 1980 hasta el 2009 en el Parque Estadual Mata Seca, según datos colectados por el Instituto Nacional De Meteorología INMET.

<b>Mes</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Temperatura (°C)</b>	<b>Insolación (horas)</b>	<b>Humedad (%)</b>
Enero	160,61	25,52	206,21	77,04
Febrero	110,21	25,81	222,10	74,42
Marzo	108,20	25,40	223,24	75,48
Abril	53,82	25,13	243,00	72,63
Mayo	6,55	23,58	265,76	67,52
Junio	2,02	22,33	266,34	64,30
Julio	0,73	21,94	279,61	62,17
Agosto	0,80	23,01	281,25	56,33
Septiembre	8,24	25,20	260,04	54,17
Octubre	45,51	26,66	219,05	58,63
Noviembre	157,54	25,60	167,37	72,57
Diciembre	169,55	25,37	178,63	77,95

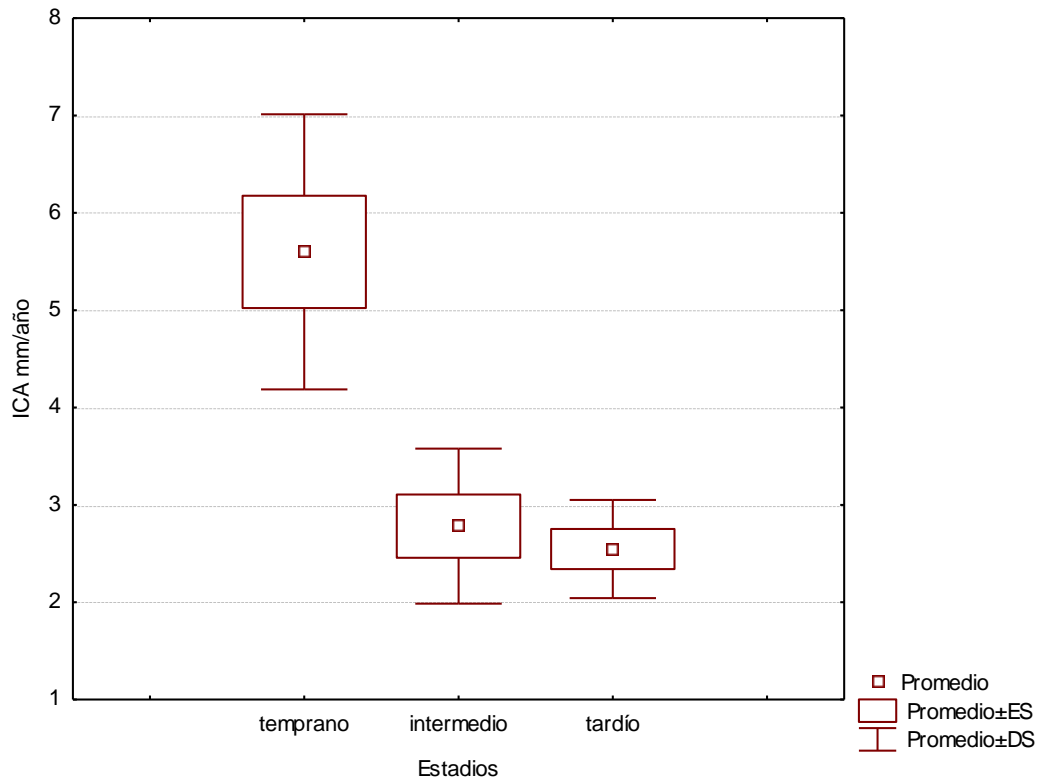
**Anexo 2.** Datos para el análisis de suelos de las parcelas en el Parque Estadual Mata Seca, 2011.

<b>Parcela</b>	<b>Textura</b>	<b>pH</b>	<b>cmol/kg</b>				<b>g/kg</b>			
			<b>Acidez</b>	<b>Bases</b>	<b>CICE</b>	<b>% SB</b>	<b>% SA</b>	<b>Carbono</b>	<b>M. Org.</b>	<b>Nitrogeno</b>
CC3	arenoso	6,6	0,0	10,8	12,0	90,0	0,0	15,6	26,8	2,1
CC4	arenoso	6,8	0,0	11,4	13,7	83,2	0,0	17,1	29,4	2,0
CC6	arenoso	7,0	0,0	11,3	13,1	86,2	0,0	15,2	26,3	1,8
IC4	franco-arenoso	5,4	0,1	4,9	9,2	53,1	2,1	15,7	27,0	1,8
IC6	arenoso	5,3	0,3	4,2	9,2	45,5	7,2	15,9	27,3	1,8
IC7	franco-arenoso	5,2	0,5	2,9	7,5	38,5	17,4	12,2	20,9	1,6
MC4	arenoso	6,8	0,0	8,8	10,9	80,7	0,0	18,2	31,4	2,1
MC7	franco-arenoso	6,8	0,0	10,7	13,6	79,3	0,0	18,1	31,2	2,1
MC8	franco-arenoso	6,3	0,0	10,6	13,4	79,1	0,0	19,0	32,8	2,3

**Anexo 3.** Datos para el análisis de suelos de las parcelas en el Parque Estadual Mata Seca, 2011.

Parcela	(mg/kg)			
	Cu	Fe	Mn	Zn
CC3	0,31	4,84	48,30	2,20
CC4	0,33	10,90	29,30	1,99
CC6	0,58	10,60	44,50	2,09
IC4	0,62	9,31	43,90	1,46
IC6	0,66	14,80	35,70	1,15
IC7	0,95	9,45	66,60	0,68
MC4	0,86	3,45	88,00	2,06
MC7	0,79	4,84	49,90	2,97
MC8	0,56	3,09	67,20	1,84

**Anexo 4.** Prueba Kruskal Wallis para el ICA de los tres estadios sucesionales del Parque Estadual Mata Seca.

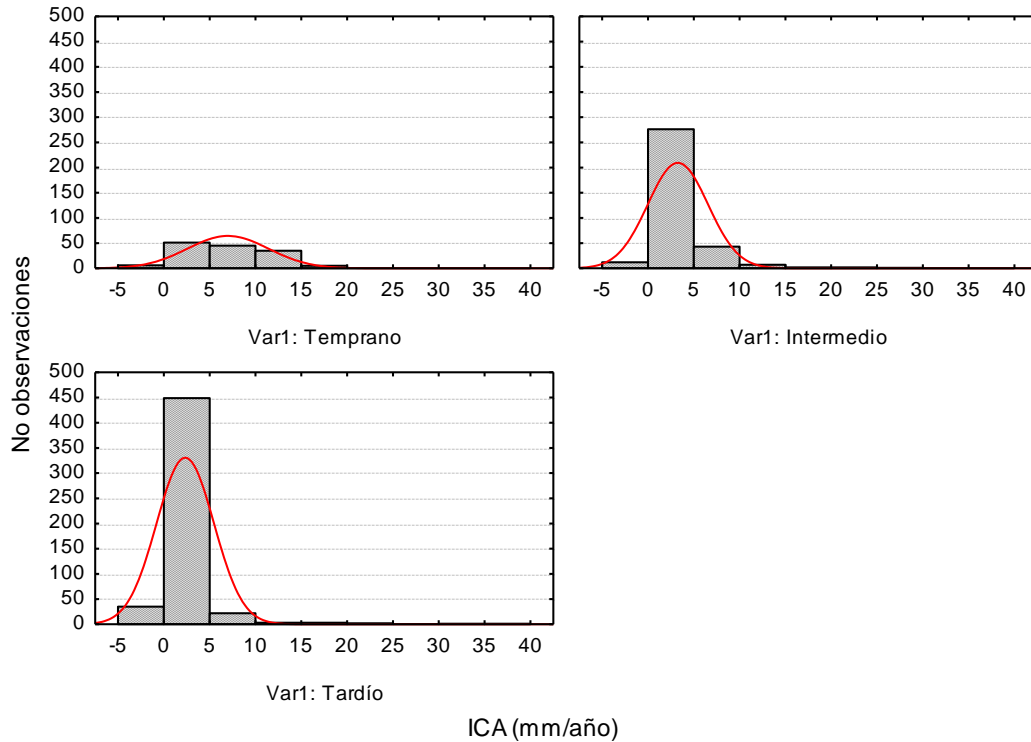


### Anexo 5. Distribuciones de ICAs para el Parque Estadual Mata Seca.

Var1: Temprano desv =  $142 \cdot 5 \cdot \text{normal}(x| 6,9242| 4,406)$

Var1: Intermedio desv =  $343 \cdot 5 \cdot \text{normal}(x| 3,2145| 3,2678)$

Var1: Tardío desv =  $516 \cdot 5 \cdot \text{normal}(x| 2,2863| 3,1129)$



### Anexo 6. ICAs por clases diamétricas para cada estadio y sus desviaciones estándar Parque Estadual Mata Seca.

Clases diamétricas	Temprano		Intermedio		Tardío	
	ICA (mm)	desv (mm)	ICA (mm)	desv (mm)	ICA (mm)	desv (mm)
5-10	2,63	3,15	2,05	2,14	1,99	1,46
10-15	9,68	4,94	3,27	2,88	2,47	2,04
15-20	12,08	6,17	3,27	2,66	3,16	3,80
20-25			2,79	2,22	3,18	4,81
25-30			3,87	3,19	3,21	4,10
30-35			5,16	4,31	3,22	1,98
35-40			4,77	3,62	3,32	1,81
40-45					4,03	1,21
45-50					6,68	5,85
50-55					2,02	0,00
60-65					2,86	0,00

**Anexo 7.** Porcentaje de mortalidad total de las especies que murieron entre los años 2006-2011 en los tres estadios sucesionales del Parque Estadual da Mata Seca.

<u>Temprano</u>		<u>Intermedio</u>		<u>Tardío</u>	
<u>Especie</u>	<u>%M</u>	<u>Especie</u>	<u>%M</u>	<u>Especie</u>	<u>%M</u>
<i>Aralia excelsa</i>	100	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	8	<i>Anadenanthera colubrina</i>	100
<i>Aspidosperma parvifolium</i>	100	<i>Combretum duarteanum</i>	31	<i>Aralia excelsa</i>	14
<i>Bauhinia acuruana</i>	33	<i>Commiphora leptophloeus</i>	6	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	9
<i>Calotropis procera</i>	100	<i>Dalbergia acuta</i>	33	<i>Coccoloba schwackeana</i>	20
<i>Celtis brasiliensis</i>	75	<i>Dalbergia cearensis</i>	36	<i>Cochlospermum vitifolium</i>	67
<i>Chloroleucon foliolosum</i>	33	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	20	<i>Combretum duarteanum</i>	19
<i>Dalbergia brasiliensis</i>	100	<i>Handroanthus reticulatus</i>	7	<i>Commiphora leptophloeus</i>	7
<i>Handroanthus ochraceus</i>	7	<i>Jatropha mollissima</i>	22	<i>Dalbergia cearensis</i>	50
<i>Lantana sp</i>	50	<i>Machaerium acutifolium</i>	23	<i>Enterolobium timbouva</i>	100
<i>Manihot anomala</i>	40	<i>Mimosa hostilis</i>	50	<i>Galipea ciliata</i>	50
<i>Mimosa hostilis</i>	8	<i>Patagonula bahiensis</i>	18	<i>Handroanthus chrysotrichus</i>	2
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	12	<i>Piptadenia viridiflora</i>	100	<i>Handroanthus reticulatus</i>	17
<i>Piptadenia oftalmocentra</i>	10	<i>Poincianella pluviosa</i>	24	<i>Jatropha mollissima</i>	14
<i>Piptadenia viridiflora</i>	25	<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	4	<i>Machaerium acutifolium</i>	27
<i>Randia armata</i>	14	<i>Ramisia brasiliensis</i>	100	<i>Myracrodruon urundeuva</i>	8
<i>Senegalia polyphylla</i>	15	<i>Sapium glandulosum</i>	13	<i>Patagonula bahiensis</i>	22
<i>Senna spectabilis</i>	93	<i>Senegalia martii</i>	29	<i>Plathymenia reticulata</i>	13
		<i>Stillingia saxatilis</i>	4	<i>Platymiscium floribundum</i>	100
		<i>Terminalia fagifolia</i>	11	<i>Poincianella pluviosa</i>	16
				<i>Pseudopiptadenia contorta</i>	13
				<i>Ptilochaeta glabra</i>	50
				<i>Sapium glandulosum</i>	12
				<i>Senegalia martii</i>	100
				<i>Terminalia fagifolia</i>	8

**Anexo 8.** Promedio de humedad de suelo ( $m^3/m^3$ ) registrado entre los años 2007-2012 en las parcelas CC4 (temprano), IC4 (intermedio) y MC8 (tardío) del Parque Estadual da Mata Seca.

