

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

DIVISION DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

CARRERA DE AGRONOMIA

“ESTIMACION EPIDOMETRICA Y ANALISIS FINANCIERO DEL PALO BLANCO (Tabebuia donnell smithii) CULTIVADO EN SUELOS DE VOCACION AGROFORESTAL EN LA FINCA PETACALAPA, MALACATAN, SAN MARCOS, PERIODO 2,007-2,012”

TRABAJO DE GRADUACION

Presentado a las autoridades de la División de Ciencia y Tecnología del Centro Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

POR:

JUAN JOSE MERIDA CUSTODIO

Previo a conferírsele el Título de:

INGENIERO AGRONOMO EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRICOLA

En el grado académico de:

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

Quetzaltenango, Mayo de 2,012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

AUTORIDADES

Rector Magnífico

Dr. Estuardo Gálvez Barrios

Secretario General

Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo

CONCEJO DIRECTIVO

Directora General del CUNOC

Licda. María del Rosario Paz Cabrera

Secretario Administrativo

Lic. Cesar Haroldo Milian Requena

REPRESENTANTE DE LOS DOCENTES

Dr. Oscar Arango B.

Lic. Teòdulo Cifuentes

REPRESENTANTE DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luis E. Rojas Menchú

Br. Víctor Lawrence Díaz Herrera

DIRECTOR DE LA DIVISIÒN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa

COORDINADOR DE LA CARRERA DE AGRONOMIA

Ing. Agr. MSc. Juan Alfredo Bolaños Gonzales.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN TÉCNICO PROFECIONAL

PRESIDENTE

Ing. Agr. MSc. Carlos Gutiérrez

EXAMINADORES

Ing. Agr. Henry López Galindo

Ing. Agr. MSc. Carlos Gutiérrez

Ing. Agr. José Manuel Mérida Muñoz

SECRETARIO

Ing. Agr. Henry López Galindo

NOTA: “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en el presente trabajo de graduación” (Artículo 31 del reglamento para Exámenes Técnico Profesionales del Centro Universitario de Occidente, y Artículo 19 de la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango, mayo de 2,012

HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO

HONORABLE MESA DE PROTOCOLO Y ACTO DE JURAMENTACION

De conformidad con las normas que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado:

“ESTIMACIÓN EPIDOMETRICA Y ANALISIS FINANCIERO DEL PALO BLANCO (*Tabebuia donnell smithii*) CULTIVADO EN SUELOS DE VOCACION AGROFORESTAL EN LA FINCA PETACALAPA, MALACATAN, SAN MARCOS, PERIODO 2,007-2,012”

Como requisito a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Juan José Mérida Custodio

Malacatán, Mayo de 2,012

Ing. Agr. Héctor Alvarado

Director de División de Ciencia y Tecnología

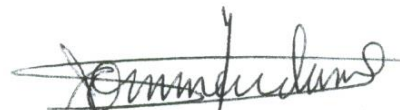
CUNOC, Quetzaltenango

Me es grato saludarle, al mismo tiempo para informarle que he concluido la asesoría del trabajo de investigación del estudiante Juan José Mérida Custodio, el cual se titula:

“ESTIMACION EPIDOMETRICA Y ANALISIS FINANCIERO DEL PALO BLANCO (Tabebuia donnell smithii) CULTIVADO EN SUELOS DE VOCACION AGROFORESTAL EN LA FINCA PETACALAPA, MALACATAN SAN MARCOS, PERIODO 2007-2012”

Dicho trabajo de investigación fue conducido con responsabilidad y dedicación, así mismo cumple con los requisitos establecidos por la Universidad de San Carlos de Guatemala y por la carrera de Agronomía, por lo cual me permito sugerirle y recomendarle se le dé seguimiento respectivo para su publicación final, ya que los resultados del mismo representan una base importante par la futura generación de materia prima con esa especie y que la industria forestal necesita.

Atentamente:



Ing. Agr. José Manuel Mérida Muñoz

Colegiado No. 1,193

Asesor



**Universidad de San Carlos de
Guatemala
Centro Universitario de Occidente**

Quetzaltenango, 16 de mayo de 2012

Ing. Agr. MSc. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente -CUNOC-
Edificio.

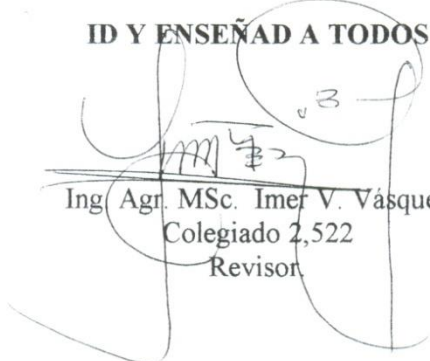
Estimado Ing. Alvarado.

Atentamente me dirijo a Usted para hacer de su conocimiento que he culminado el proceso de revisión del trabajo de GRADUACIÓN titulado "ESTIMACION EPIDOMETRICA Y ANALISIS FINANCIERO DEL PABLO BLANCO (Tabebuia donnell smithii) CULTIVADO EN SUELOS DE VOCACION AGROFORESTAL EN LA FINCA PETACALAPA, MALACATAN, SAN MARCOS, PERIODO 2007-2012", realizado por el estudiante: JUAN JOSE MERIDA CUSTODIO.

En función de lo anterior, la presente investigación cumple con los requisitos planteados desde su inicio y es un gran aporte para el desarrollo forestal del departamento y del país en general.

Deferentemente

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Agr. MSc. Imer V. Vásquez
Colegiado 2,522
Revisor.



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGIA** _____
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 004-AGR-2012 de fecha dieciocho de mayo del año dos mil doce del (la) estudiante: JUAN JOSÉ MÉRIDA CUSTODIO con Carné No 9630346 emitida por el Coordinador de la Carrera de AGRONOMIA _____, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: “
ESTIMACIÓN EPIDOMETRICA Y ANÁLISIS FINANCIERO DEL PALO BLANCO (Tabebuia donnell smithii) CULTIVADO EN SUELOS DE VOCACIÓN AGROFORESTAL EN LA FINCA PETACALAPA, MALACATÁN, SAN MARCOS. ”

Quetzaltenango, 18 de mayo de 2012.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Agr. Héctor Alvarado Quiroa
Director de División de Ciencia y Tecnología



ACTO QUE DEDICO

A DIOS: Por ser el creador del Universo y sin su voluntad no podría lograr las metas que me propongo en la vida, ya que es una fuente inagotable de sabiduría, ilumina mi camino, pues siento su presencia en cada paso que doy en la vida.

A MIS PADRES: **Enrique De Jesús Benjamín Mérida Argueta y Alma Angélica Custodio de Mérida**, por su gran amor incondicional, esfuerzo para sacarme adelante, por su comprensión y sobre todo mil gracias por haberme guiado por el camino del bien, los amo.

A MIS HERMANOS MERIDA CUSTODIO: Ana, Tere, Ronald y Diego, por su amor y buenos deseos, por esa unión que nos caracteriza, por su apoyo en las buenas y en las malas, saben que ocupan un lugar muy especial en mi corazón.

A MI ESPOSA: Jaqueline de León de Mérida, por su amor, por su apoyo en todo lo que realizo y sobre todo gracias por ayudarme a guiar por el camino del bien a esos tres hijos maravillosos que DIOS nos dio.

A MIS HIJOS: Bárbara Ximena, Fernanda José y Juan José, por ser mi fuente de inspiración, ya que todo lo que realizo lo hago pensando en ustedes, los amo hijos.

A MI ASESOR DE TESIS: Ing. Agr. José Manuel Mérida, un gran profundo agradecimiento por su entrega, paciencia, colaboración en esta investigación.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

AL CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE.

INDICE GENERAL

CONTENIDO.	PAGINA.
Titulo.	1
Resumen.	2
1. Introducción.	3
2. Objetivos.	4
3. Hipótesis.	5
4. Marco teórico.	6
4.1 Marco conceptual.	6
4.1.1 Crecimiento del palo blanco (<i>Tabebuia donnell smithii</i>).	7
4.1.2 Parcelas de medición.	8
a) Tipos de parcelas.	8
b) Tamaño y formas de parcelas.	8
c) Variables a evaluar en la parcela.	8
4.1.3 Instrumentos de medición.	8
a) Medición de altura.	8
- Clinómetro Suunto.	9
b) Localización de la altura normal para medir el diámetro.	9
- Cinta diamétrica para medir el diámetro.	9
4.1.4 Calidad de sitio.	9
4.2 Marco referencial.	11
4.2.1 Descripción de la especie.	11
5. Materiales y métodos.	13
5.1 Descripción del área de estudio.	13
5.1.1 Ubicación geográfica.	13
5.1.2 Localización.	13
5.1.3 Características físico biológicas	13
5.2 Metodología.	14
5.2.1 Descripción de la investigación.	14
5.2.1.1 Investigación de la edad.	14
a. Evaluación del crecimiento.	14
b. Descripción de las parcelas.	15
5.2.1.2 Registro de la información.	15
5.2.1.3 Manejo de la investigación.	15
5.2.2 Predicciones estimadas.	16
5.2.3 Recursos.	16
5.2.3.1 Recursos humanos.	16
5.2.3.2 Recursos físicos.	16
5.2.3.3 Recursos económicos	16
6. Análisis y discusión de resultados.	17
6.1 Resultados.	17
6.1.1 Estimación epidométrica.	17
a. Ecuación DAP.	19

b. Ecuación altura.	20
- Estadísticos descriptivos.	24
6.1.2 Estimación financiera.	24
a. Valores actuales netos (VAN).	24
b. Relación beneficio costo (RB/C).	24
c. Tasa interna de retorno (TIR).	24
7. Conclusiones.	25
8. Recomendaciones.	26
9. Bibliografía.	27
10. Anexos.	29

INDICE DE CUADROS

No. DE CUADRO	TITULO	PÁGINA
1.	Clases de sitios para plantaciones forestales	10
2.	Resumen de edad y diámetro (DAP)	17
3.	Resumen de edad y altura (ALT)	17
4.	Comparación del modelo exponencial con la función logística	21
5.	Comparación de datos reales con el resultado de las ecuaciones	22
6.	Estadísticos descriptivos del diámetro (DAP)	24
7.	Estadísticos descriptivos de la altura	24
8.	Presupuesto de la investigación	29

**“ESTIMACIÓN EPIDOMETRICA Y ANALISIS FINANCIERO DEL PALO BLANCO (Tabebuia
donnell smithii) CULTIVADO EN SUELOS DE VOCACIÓN AGROFORESTAL EN LA FINCA
PETACALAPA, MALACATAN, SAN MARCOS, PERIODO 2007-2012”**

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se realizó en la finca Petacalapa con el fin de estimar la edad en la cual el Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) alcanza un diámetro de 0.45 m para su corta final de madera aserrada, acompañado de un análisis financiero para ver su rentabilidad con el fin de estimular la inversión en esta actividad y promover el incremento de la materia prima para el desarrollo de la industria forestal nacional. Para realizar la estimación, se utilizó el coeficiente de regresión exponencial y correlación de las variables diámetro a la altura de pecho (DAP) y altura total, en un lapso comprendido en las edades de 5 – 10 años en árboles plantados en parcelas exclusivamente diseñadas para llevar a cabo una estimación de la curva sigmoideal del ciclo de vida de la especie. Para encontrar un mejor modelo de predicción se compararon los métodos: coeficiente de regresión exponencial y curva logística.

Como resultado de la investigación se logró obtener una ecuación de predicción del crecimiento del diámetro a la altura de pecho (DAP) y de la altura en función del tiempo. Expresándose ambas ecuaciones de la manera siguiente: $DAP = 9.04 (1.0703)^n$ y $ALTURA\ TOTAL = 7.67 (1.079)^n$ valida únicamente en los primeros 18 años de edad. Después de dicha edad los resultados se vuelven exagerados. Obviamente con el enriquecimiento de datos que se obtengan en el futuro dichas ecuaciones serán cada vez más precisas. Las tasas de incremento anual encontradas en ambas ecuaciones anteriores, obviamente se ven afectadas por factores edáficos, ambientales y de manejo observándose que los raleos atrasados disminuyen dichas tasas en los individuos afectando negativamente la curva sigmoideal de crecimiento.

En virtud de lo anterior se recomienda realizar el primer raleo a la edad de 5 a 6 años con un porcentaje al 50%. El segundo raleo a la edad de 8 a 9 años dejando un 75% de los arboles que sobrevivieron del primer raleo. Se recomienda también llevar un registro anual del crecimiento en parcelas representativas en las respectivas fincas con el fin de observar el comportamiento del crecimiento de las variables ya indicadas, de tal modo que al observar un decrecimiento de la tasa de incremento con relación al año anterior se proceda a planificar el raleo.

También con datos tomados del campo se logró hacer un análisis financiero, tomando en cuenta todos los costos y beneficios capitalizados /ha desde la siembra hasta la cosecha a la edad de 24 años habiéndose obtenido los indicadores: Valor Actual Neto (VAN)= Q 378,035.71, Relación Beneficio Costo (RB/C) = 3.41 y la Tasa interna de Retorno (TIR) = 21.60%

1. INTRODUCCION

En Guatemala en los últimos 10 años se han venido practicando reforestaciones con árboles de la especie palo blanco (*Tabebuia donnell smithii*) en la costa sur y norte del país acumulando un área de 6,435.12 hectáreas, como una alternativa de producción y diversificación con suelos de vocación forestal y agroforestal, las que se realizan para acceder a los incentivos económicos que da el Estado a través del INAB, (Instituto Nacional De Bosques).

De acuerdo con Francis (7), afirma que para el palo blanco (*Tabebuia donnell smithii*) en términos generales ha sugerido una rotación de 35 años para la producción de madera aserrada y considera que en los mejores sitios 30 años serían probablemente suficientes para la producción de maderos de buen tamaño y calidad. Sin embargo a menos que se hagan estudios de crecimiento con datos derivados del campo en nuestro medio, los anteriores conceptos parecen ni siquiera ser estimativos para determinar la edad óptima-económica para realizar la corta final. Solamente se puede apreciar que cuando el DAP mínimo (diámetro a la altura del pecho) es de 0.45m se cuenta con una buena troza aceptable para el comercio.

Es razonable suponer que la edad óptima para la corta final es cuando termina la etapa de madurez de crecimiento rápido para entrar a la etapa de senectud o última etapa del ciclo vital de la especie, en la cual relativamente el crecimiento seguramente es lento y el incremento de crecimiento del diámetro de la troza alcanzado en ese momento comienza a decrecer en los siguientes años. Se considera así mismo que después de alcanzar ese punto de inflexión en la curva de crecimiento conforme más años pasen la rentabilidad de la actividad forestal disminuye pues el incremento de la producción de la masa forestal en función del tiempo se va volviendo también decreciente, entonces queda una masa que ocupa espacio y tiempo y relativamente produce menos. (2)

Para saber la edad óptima-económica para el aprovechamiento forestal del Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) se debe elaborar la curva sigmoideal del crecimiento. (2). Para encontrar ese punto de inflexión en la curva sigmoideal de crecimiento se llevaron en el campo registros promedios anuales de crecimiento acumulados de diámetro y de altura, (10), en parcelas cultivadas, los cuales fueron graficados en un sistema de coordenadas cartesianas, denotadas en la variable "X" el número de años y en la variable "Y" el crecimiento acumulado. Obviamente estos datos se tomarán de los mismos árboles año con año y en el caso del DAP a la misma altura (1.3 m). Con dicha información se pudo determinar en qué edades se contempla la fase inicial de juventud, la fase de madurez de crecimiento rápido y el fin de ésta fase e inicio de la etapa en que el incremento vuelve a ser lento por haber alcanzado su vejez.

También se realizó un flujo de ingresos y egresos monetarios de cada año, los cuales al ser capitalizados a una tasa de interés establecida, permitieron obtener los indicadores: Valores Actuales Netos (VAN), Relación Beneficio / Costo (R.B/C) y tasa interna de retorno (TIR).(12) para que los futuros inversionistas puedan tener un modelo y los ayude a tomar decisiones, las cuales si fueran atractivas conllevan a una mayor cobertura de bosques de Palo Blanco (*Tabebuia donnell Smithii*) y asegurar que la materia prima estimule el desarrollo de la industria forestal en el país.

2. OBJETIVOS

2.1 GENERAL:

- Proveer información del comportamiento epidométrico del Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*), en la finca Petacalapa Malacatán San Marcos, para mejorar el manejo forestal en plantaciones futuras.

2.2 ESPECÍFICOS:

2.2.1 Encontrar la edad estimada en la cual el palo blanco (*Tabebuia donnell smithii*) alcanza un DAP comercial (0.45 m).

2.2.2 Contar con una base para planificar el manejo forestal por edades del Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) para ensayar un sistema forestal o agroforestal.

2.2.3 Establecer los años para capitalizar el flujo de ingresos y egresos periódicos de la explotación que sirvan para el análisis financiero de la actividad forestal en Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*).

3 HIPOTESIS.

3.1 HIPOTESIS:

- Por la falta de bases de datos e información epidométrica y financiera del Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*), actualmente se realiza un manejo forestal inapropiado, que a su vez no genera beneficios a la finca Petacalapa del municipio de Malacatán en el departamento de San Marcos.

4. MARCO TEORICO.

4.1 MARCO CONCEPTUAL:

La Epidometría es una rama de la Dasonometría que estudia el crecimiento y la producción del árbol y de la masa forestal. (2). Proviene de los vocablos griegos- latinos Epidos= edad y Metros= Medida.

En Epidometría se denomina crecimiento de un árbol o de una masa forestal al aumento de tamaño en las dimensiones de alguna variable (diámetro, altura, volumen, etc) ocurrido durante algún periodo de tiempo, mientras que se llama crecimiento acumulado (o producción en el caso de masas forestales y generalmente referida al volumen) a una edad determinada a la dimensión alcanzada por dicha variable a esa edad.

El estudio del crecimiento es, por tanto, un estudio dinámico, ya que siempre es necesario hacer referencia a la variable tiempo. (2).

El crecimiento de un árbol está influenciado por la interacción de factores genéticos, ambientales y silvícolas. Así, el genotipo de un árbol contiene el crecimiento potencial en forma latente que es activado en el fenotipo a través de la influencia del resto de factores mencionados. (2).

Los factores ambientales que influyen en el crecimiento de un árbol pueden ser abióticos (clima, suelo y fisiografía) o bióticos (competencia, plagas y enfermedades etc).

Los factores climáticos, edáficos y fisiográficos de un terreno son poco y difícilmente manipulables y determinan lo que forestalmente se llaman "calidad de sitio", es decir su capacidad productiva. (2). También existen diferencias anuales en el crecimiento debido a que las características climáticas no son iguales todos los años, pues en unos llueve mas o hay mayor temperatura que en otros. En los trópicos, los patrones de crecimiento son menos regulares en áreas con estaciones secas marcadas, el crecimiento puede parar, mientras que en el trópico húmedo el crecimiento suele ser continuo durante todo el año.

Los factores ambientales bióticos (competencia intra e interespecífica, plagas, enfermedades etc) pueden modificar de manera importante el patrón de crecimiento de los individuos de una especie en un determinada calidad de sitio, aunque muchas veces esos factores pueden ser manipulados mediante la aplicación de tratamientos silvícolas. (aclareos, podas.) favoreciendo a los individuos que presenten las mejores características.

Finalmente y aunque el desarrollo de un árbol o de una masa forestal pueda ser más o menos modificado en función de todos los factores comentados, existe una pauta o un patrón característico de crecimiento común, a todos los seres orgánicos, denominado ciclo vital.

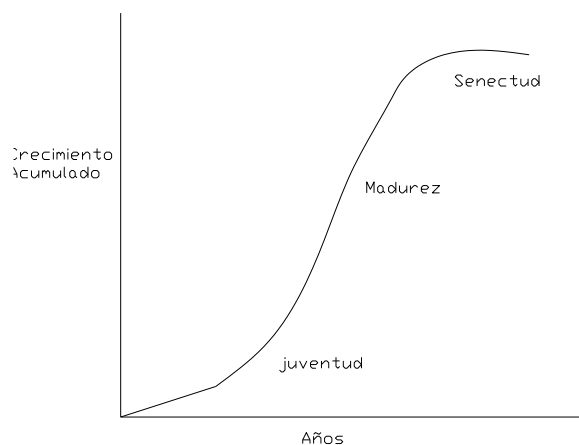
El ciclo vital o de desarrollo de un árbol (o de una masa forestal) se puede representar por una curva de tipo sigmoide, característica de cada especie, que se obtiene al confrontar en unos ejes de coordenadas la evolución de alguna de sus variables por ejemplo el volumen, el diámetro o la altura del árbol respecto al tiempo. Por tanto un punto cualquiera de ésta curva representa el crecimiento acumulado, es decir, la dimensión alcanzada por la variable a una determinada edad.

Si se analiza ésta tendencia básica en un árbol, normalmente se obtiene una curva de aspecto irregular, debido a que el crecimiento de un solo individuo está muy afectado por

multitud de factores, tal como se ha indicado anteriormente. Sin embargo promediando ésta entre varios individuos la forma de la curva presenta el aspecto sigmoidal típico. (2).

Aunque la forma exacta de la curva de crecimiento acumulado depende de la variable del árbol considerada, tiene siempre características similares para todas ellas. Así las distintas etapas de la vida de un árbol (juventud, madurez y senectud o vejez) se ven reflejados en la curva de crecimiento acumulado, tal y como se muestra en la figura 1. En una primera etapa se produce un rápido incremento del tamaño, caracterizado matemáticamente por un aumento progresivo de la pendiente de la curva. A continuación aparece un tramo de crecimiento lineal que incluye el punto de inflexión de la curva, desde donde empieza a disminuir su pendiente y por tanto el crecimiento. En la última etapa de la curva va disminuyendo su pendiente y se aproxima a una asíntota horizontal, con una ralentización progresiva del crecimiento que concluye con la muerte del individuo. (2).

Fig. 1. Curva sigmoidal de crecimiento.



Fuente: Imaña, j. Encinas. Epidometría forestal, 2008. Mérida Venezuela

La Epidometría se ocupa del cálculo del crecimiento del árbol, partiendo de las consideraciones de la edad del mismo y de la forma decrecimiento diametral, en altura o en volumen. Logra estimaciones de la edad del árbol y su efecto en la densidad de la madera resultante. Puede llegar a predecir el crecimiento mediante modelos de predicción para la producción y crecimiento de las masas forestales. (5).

La curva Sigmoidal llamada también logística o en forma de "S" es una función matemática que representa una variable que se incrementa primero lentamente luego se acelera y finalmente se desacelera, eventualmente crece muy poco o declina.

4.1.1 CRECIMIENTO DEL PALO BLANCO

Parece ser que un crecimiento de 1 a 1.5 m por año es posible en los buenos sitios mas o menos para los primeros 10 años. El crecimiento en altura disminuye hasta que se alcanza una altura de 25 a 35 m. El crecimiento en diámetro en los buenos sitios entre 1 y 3 centímetros por año. Es posible alcanzar un Dap de 1.00 m. (7).

4.1.2 PARCELAS DE MEDICION.

Las parcelas de medición son las herramientas más eficaces para conocer y monitorear el crecimiento y rendimiento de los árboles individuales y de los rodales. Además proporcionan información valiosa para establecer estrategias de manejo, para desarrollar modelos de crecimiento, elaborar tablas de rendimiento en volumen y área basal. (10).

a) TIPOS DE PARCELAS.

Básicamente existen dos tipos de parcelas: las temporales y las permanentes. Como su nombre lo indica, las temporales se miden una sola vez, aunque si se reubican podrían tener mediciones adicionales de manera que una parcela temporal puede eventualmente convertirse en una parcela permanente. Las parcelas permanentes tienen como objetivo principal permitir mediciones de crecimiento por un período largo de años y si estas se hacen de un tamaño adecuado, podrían servir para monitorear y evaluar el crecimiento de los árboles hasta el final del turno de corta. (10).

b) TAMAÑO Y FORMA DE PARCELAS.

El tamaño de las parcelas se expresa normalmente en términos de un número de árboles o en base a una superficie de área en metros cuadrados, o en metros lineales en el caso de cercas vivas, árboles en línea o linderos. El tamaño apropiado de la parcela, sea esta en base a número de arboles o a superficie, varía dependiendo de los objetivos de la investigación.

En caso de monitoreo y/o evaluaciones de crecimiento de árboles en reforestaciones se recomienda que el tamaño de la parcela oscile entre 500 a 1000 metros cuadrados, (10). La forma de las parcelas puede ser cuadrada o rectangular, esto depende de la cantidad de árboles a medir.

c) VARIABLES A MEDIR EN UNA PARCELA.

Se recomienda hacer mediciones anuales o a cada dos años. Las principales variables a medir son; diámetro a la altura de pecho y altura total. (10).

4.1.3 APARATO DE MEDICION:

4.1.3.1 Clinómetro Suunto para medir altura:

Es una pequeña caja metálica en cuyo interior hay un cilindro con 2 escalas que se mueven, como un péndulo visibles a través de un visor, y que permiten medir la altura del árbol desde 15 o 20 mts de distancia horizontal, lo que obliga a estacionar previamente a alguna de esas distancias. A través del visor solo se ven las escalas y no el exterior, y en el aparece una línea horizontal que se emplea para apuntar al objeto cuya altura se quiere medir, se hace con los dos ojos abiertos, uno mirando a través del visor y el otro mirando fuera del aparato.(2) (ver anexos).

a) Medición de Altura:

La importancia de la medición de altura de los árboles radica en el hecho de que con esta variable, junto con el diámetro normal, es posible estimar otras importantes variables del árbol individual y, por extensión, también de la masa, como el volumen de madera, el volumen de leña y la biomasa. (2).

4.1.3.2 Cinta diamétrica para medir diámetro:

Es una cinta que permite obtener directamente el valor del diámetro del árbol al rodear con ella la sección del tronco. Para ello esta cinta cuenta con 2 escalas diferentes: una de ellas una escala convencional en cm o mm (para la medición de circunferencias), y la otra es una escala modificada, construida dividiendo la longitud real por π (π) de manera que cada marca de un milímetro de esta escala se corresponde con π (π) (aproximadamente 3.14159) mm de longitud reales, de este modo la escala permite obtener el valor del diámetro.

a) Localización de la altura normal para medir el diámetro:

Para poder establecer comparaciones entre las mediciones efectuadas en los fustes es preciso definir un punto (una altura) estándar donde realizarlas. Es importante que este punto se encuentre a una altura próxima al suelo que facilite su medición, pero suficientemente alejada de la base para que haya desaparecido la influencia de las posibles alteraciones que aparecen en la parte baja del tronco por su contacto con el suelo, esta altura estándar es la altura normal o altura de pecho y las medidas a esa altura se denominan "normales" las cuales son a 1.30 mts. (2).

El diámetro de arboles en pie se debe medir a una altura de 1,30 m por encima del nivel del suelo. Este diámetro se llama diámetro a la altura de pecho (DAP). (9).

a) Cómo medir el diámetro en terrenos inclinados:

Cuando el terreno es inclinado la altura normal se localiza midiendo 1,30 m desde la zona de contacto del tronco con la parte superior de la ladera. (2).

4.1.4 CALIDAD DE SITIO:

En el contexto del manejo forestal la calidad de sitio puede ser definida como la capacidad potencial de un sitio de sostener una producción de madera de una especie o tipo de bosque en particular, producto de una interrelación de factores topográficos, edáficos bióticos y climáticos. (3).

En términos generales cuando se evalúa la calidad de sitio se está evaluando la productividad de ese sitio en función de su capacidad para producir madera en un tiempo determinado. (3). (Cuadro 1).

Cuadro 1 Clases de sitio para plantaciones forestales.

Clases de sitio	Descripción
Alto	Agrupación de plantaciones con el mejor crecimiento, superior al promedio, sitios con mayor potencial económico.
Medio	Sitios buenos alrededor del promedio, con manejo apropiado tendrían buenas posibilidades de ser rentables.
Bajo	Sitios por debajo del promedio, considerados como marginales, difícilmente rentables que no deberían ser recomendados para ser plantados.

Fuente: Vásquez, W. y Ugalde. Rendimiento y calidad de sitio. 1,994. Costa Rica.

En el año 2006 (12) en un estudio realizado en plantaciones forestales en la región IX de la costa sur de Guatemala, determinó el crecimiento y productividad de unas parcelas ubicadas en distintas fincas bajo los siguientes criterios. Para el caso del crecimiento, se utilizó el incremento medio anual en altura en metros, en el cual se determinaron tres categorías mencionadas por Vásquez y Ugalde citadas por Vela, siendo estas, BAJO (menor a 2 metros), MEDIO (de 2 a 2.5 mts) y ALTO (mayor de 2.5 mts.). Para el caso de productividad se utilizó la variable incremento medio anual en volumen total en metros cúbicos por hectárea por año, en el cual se determinaron tres categorías: BAJO (menor a 7 mts cúbicos por hectárea por año.), MEDIO (de 7 a 15 metros cúbicos por hectárea por año) y ALTO (mayor a 15 metros cúbicos por hectárea por año).

En lo que respecta al estudio antes mencionado, el autor del presente trabajo de anteproyecto de tesis considera que el sitio si tiene influencia en la producción, pero no en el tiempo de las diferentes fases de crecimiento de la curva sigmoideal, y que esto está más determinado por factores genéticos que ambientales.

4.2 MARCO REFERENCIAL

4.2.1 Descripción de la especie

a) Taxonomía

- Nombre común Palo Blanco
- Nombre Científico *Tabebuia donnell smithii*.
- Sinonimia: *Cybistax donnell smithii*, *Roseodendrum donnell smithii*.
- Reino: Vegetal.
- Subreino: Embryobionata.
- División: Magnoliophyta.
- Clase: Magnoliopsida.
- Orden: Scrophulariales.
- Familia: Bignoniaceas. (1)

b) Descripción Botánica:

El Palo Blanco tiene una dimensión de tamaño grande, alcanza alturas de 25 a 30 metros de altura, diámetros de 80 a 100 centímetros, las ramitas tienen corteza corchosa de color verde a blancuzco, camellones grises y grietas longitudinales profundas (1).

- c) **Flores:** Corimbos terminales, ramificados, de 3 a 8 cm de largo, tienen muchas flores pequeñas, agrupadas. El Cáliz diminuto en forma de campanas, de 10 a 13 mm de largo, color amarillo a café amarillento, tiene 5 lóbulos desiguales, hay cuatro estambres insertados en la corola, y el pistilo con ovarios de dos celdas, estilo y estigma de dos lóbulos delgados.
- d) **Corteza:** Color gris oscuro a negruzca-gris, lenticelada, fisurada fina y longitudinalmente, que se desprende de escamas gruesas dejando depresiones cóncavas de color gris claro. El grosor de la corteza varía de 0.5 a 1 centímetros.
- e) **Hojas:** Digitado-compuestas, opuesto-decusadas, con seis hojuelas, lamina elíptico-ovada, elíptica u obovada, de 12 a 18 cm de largo y de 7 a 10 cm de ancho, ápice acuminado-cuspidado, base redondeada a truncada, con márgenes dentados, haz verde oscuro envés verde claro, ambas superficies glabras. Pecíolo de 15 a 20 cm de largo.
- f) **Frutos:** Cápsulas angostas, muy largas y retorcida, generalmente de 25 a 40 cm de largo y de un cm de diámetro. De color café oscuro con muchas ranuras a lo largo y tiene algunos pelillos finos inconspicuos. Al madurarse se rajan en dos partes a lo largo y sueltan muchas semillas.
- g) **Semillas:** Tiene forma cordada, comprimida de 7 a 7.5 mm de largo y de 4.5 a 5 mm de ancho, con un ala marginal amarillenta y translúcida de 15 a 17 mm de largo y de 10 a 13 mm de ancho, incluyendo la semilla. La testa es de color amarillo claro a moreno, opaca, membranosa, de 0.1 a 0.3 mm de grosor. El embrión es recto cordiforme, comprimido, de color crema y ocupa toda la cavidad de la semilla. Tiene dos cotiledones planos, carnosos, cordiformes. La radícula es corta, erecta, inferior y dirigida al hilo, carecen de endospermo.

h) **Raíces:** Las plántulas desarrollan una raíz pivotante profunda fuerte y carnosa. Unas grandes raíces laterales, se desarrollan de manera gradual. Los arboles tienen unos contrafuertes pequeños, y se puede desarrollar un acanalamiento de los árboles de gran tamaño. (1).

i) Información Ecológica:

Es una especie distribuida en forma natural, que se encuentra en crecimiento en los departamentos de: Santa Rosa, Chiquimula, Escuintla, Suchitepequez, Retalhulel, San Marcos y Quetzaltenango. En bosques naturales, se le encuentra asociada con especies como: *Enterolobium cyclocarpum* (conacaste), *Platymiscium dimorphandrum* (hormigo) *Astronium graveolens* (ciruelillo) y *Andira inermis* (almendro) entre otras. (1).

En Guatemala la especie se encuentra creciendo entre 150 y 800 metros sobre el nivel del mar, también se puede encontrar en bosques semidecíduos en terrazas aluviales y pendientes coluviales bajas de la costa del pacífico.

El clima que necesita esta especie es de húmedo a muy húmedo, con un rango de elevación de 50 a 1000 metros sobre el nivel del mar; un rango de 1000 a 4000 mm de precipitación; un rango de 20 a 35 grados centígrados de temperatura; no tolera suelos inundables, requiere de suelos bien drenados (1).

j) Uso:

- El Palo Blanco es un árbol maderero importante en su área de distribución natural.
- Sus maderos alcanzan un gran precio, y se reporta que el grado de rendimiento es extremadamente bueno para una especie frondosa de madera dura.
- La madera es de color crema, amarillo o marrón claro, a menudo con listas o bandas y sin una transición definida entre la albura y el duramen.
- La madera se aserra y se trabaja a máquina con mucha facilidad y toma un buen acabado.
- Los usos principales para la madera de palo blanco son para muebles, chapa decorativa, molduras y maderos estructurales.
- Se ha aprovechado tradicionalmente del bosque natural. Ha sido establecida a menudo también como ornamental, debido a su impresionante despliegue de flores amarillas.
- A veces se usa como sombra para las orillas de carreteras, parques y hogares (1).

5. MATERIALES Y METODOS.

5.1 DESCRIPCIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.

5.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

La finca Petacalapa se encuentra ubicada en el municipio de Malacatán, entrada en el Km 274, carretera que conduce a la frontera con México, departamento de San Marcos, Guatemala, Centro América.

5.1.2 LOCALIZACIÓN:

La finca se localiza a 14 grados, 59 minutos, 15 segundos latitud norte; y a 92 grados, 04 minutos, 30 segundos longitud oeste; con respecto al meridiano de Greenwich. (ver anexos).

5.1.3 CARACTERISTICAS FISICO-BIOLÓGICAS:

5.1.3.1 CLIMA:

- a. ALTITUD. Cuenta con elevaciones que van de 410 msnm en la parte más baja, 525 msnm en la parte media y 610 msnm en la parte mas alta.
- b. TEMPERATURA. Las temperaturas varían durante el año, registrando mínimas de 20.5 grados y máximas de 34 grados centígrados, y una temperatura media anual de 27.1 grados centígrados.
- c. PRECIPITACION. En el año se marcan dos estaciones bien definidas, una estación seca que va desde los meses de noviembre hasta abril, y una estación lluviosa que va desde mayo hasta octubre; según registro de los últimos 4 años indican que la precipitación media anual es de 5890 mm.
- d. VIENTOS. Se registran vientos ligeros de norte a sur, con variables durante el año y una velocidad media de 13 Km/hora.
- e. ZONAS DE VIDA SEGÚN HOLDRIDGE. De acuerdo con Holdridge, el área donde se realiza la investigación pertenece a la zona de vida descrita como; Bosque muy húmedo subtropical cálido identificado con la abreviatura (bmh-s/c). (4)

5.2 METODOLOGIA.

5.2.1. DESCRIPCION DEL TRABAJO DE INVESTIGACION.

Consistió en estimar la edad en la cual el Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) se puede cosechar para producción de madera aserrada, y su relación con un análisis financiero del mismo, bajo condiciones de la finca Petacalapa, Malacatán, San Marcos. La investigación se llevó a cabo en 4 parcelas representativas de como se encuentra el resto del bosque en dicha finca, las parcelas fueron identificadas con las primeras cuatro letras del abecedario, es decir, Parcela "A", parcela "B", Parcela "C" y Parcela "D". Los datos de los árboles raleados no fueron tomados en cuenta en el presente trabajo.

5.2.1.1 INVESTIGACION DE LA EDAD: En éste caso se hizo conociendo la edad de la plantación, ya que fue sembrada con palo blanco (*Tabebuia donnell smithii*) en el año 2,002.

a) Evaluación de Crecimiento:

La forma de evaluar el crecimiento fue por el de **Comparación De Inventarios**, el cual consiste en medir año con año el diámetro y altura de los mismos árboles con los mismos aparatos en la misma época y en el mismo punto de medición en diferentes momentos de tiempo en parcelas permanentes. El comportamiento de las variables a evaluar (DAP, altura y volumen/ha), fueron cuantificados empleando estadísticos descriptivos, tales como la media aritmética (M.A), la desviación estándar (D.E), el coeficiente de variación (C.V). El volumen se estimó multiplicando el área basal por la altura por un coeficiente mórfico que se determinará en el campo, el cual como ya se sabe su valor es menor a 1. Este coeficiente mórfico, no es más que un factor de corrección aplicado a la fórmula del volumen de un cilindro, adaptado al volumen y forma de un árbol.

Como el crecimiento es fundamentalmente una función del tiempo, y con los datos recopilados en campo se probaron los tres modelos de regresión y correlación usados en estadística, siendo ellos, la ecuación de regresión lineal ($y = a + bx$) y el coeficiente de correlación lineal, la ecuación de regresión exponencial ($y = a(b)^x$) y coeficiente de correlación exponencial, la ecuación de regresión potencial ($y = a \times x$) y coeficiente de correlación potencial. La tasa de incremento anual obtenida con el mejor modelo de regresión se comparó con la función matemática mencionada por Guimaraes y Castro citados por Imaña y Encinas: Función Logística ($W = A / (1 + be^{-kt})$). (5).

La fórmula de la ecuación de Regresión Exponencial usada es:

$$y = a(b)^x$$

La cual transformada lineal es: $\log y = \log a + x \log b$,

La fórmula Logística usada es

$$W = \frac{A}{1 + be^{-kt}}$$

En donde:

W= crecimiento

A= Valor superior límite que puede alcanzar la especie.

b= valor inicial cuando $t = 0$

e= 2.718281

k= logaritmo natural de $(1+r)$

t= tiempo

r= tasa de incremento anual compuesta

Se escogió un valor superior límite de 85cm en función de que se estima que es el valor máximo en DAP que pueda alcanzar el Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) en una plantación. Recordemos que la literatura afirma que se han encontrado individuos con DAP hasta de 1 metro, pero es indudable que los individuos cultivados alcanzan menos DAP que los encontrados en el campo que no presentan competencia con otros árboles, ni lucha heliotropica y un valor inicial de 9.04 que fue el valor encontrado en la ecuación exponencial para determinar los valores del DAP en la función logística. Y para calcular la altura se escogió un valor superior límite de 40 mts y un valor inicial de 7.67 mts.

r= 7.03% para el DAP y 7.9% para la altura

b) Descripción de las parcelas:

- b.1) Las parcelas se establecieron en un área de 500 metros cuadrados. (9)
- b.2) Cada parcela contó con 56 árboles al inicio, los cuales fueron medidos año con año, pero se dejaron de tomar en cuenta en la investigación los datos de los que en años posteriores se van raleando. El número de árboles por parcela tomados en cuenta en la presente investigación fue de 21-23 debido de que se realizaron dos raleos, haciendo un total de 85 en las 4 parcelas.
- b.3) Los árboles se enumeraron y se mantuvieron señalados con pintura roja (opcional).
- b.4) Los árboles fueron sembrados en un distanciamiento de 3 mts entre planta y 3 mts entre calles.
- b.5) Todos los árboles actualmente tienen una edad de 9 años (plantados en el año 2002).
- b.6) Las parcelas que se midieron fueron 4, las cuales son representativas de cómo se encuentra el resto de la plantación.

5.2.1.2 REGISTRO DE LA INFORMACION:

En una boleta diseñada especialmente para llevar datos se anotó: fecha, parcela a medir, número del árbol, diámetro del árbol, altura del árbol. Allí se anotó también el número de los que han sido raleados con la letra R o un número cero de los que han muerto de manera natural.

5.2.1.3. MANEJO DE LA INVESTIGACION:

Las mediciones se hicieron con 4 personas, una encargada de medir el diámetro a una altura de 1.3 mts con cinta diamétrica del suelo hacia el fuste, una persona encargada de medir la distancia de 15 mts del árbol para que desde ese punto pueda leer con el clinómetro,

la otra persona encargada de la medición de la altura, una persona encargada de anotar el diámetro y altura en la boleta de campo.

5.2.2 PREDICCIONES ESTIMADAS:

Para cumplir con el objetivo específico se utilizó el mejor modelo encontrado para estimar la edad en la cual se alcanzó un DAP de 0.45 m y ese número de años se capitalizó para realizar el análisis financiero.

Para realizar el análisis financiero se investigaron los valores de las tasas de inflación que existe en el país promediando los últimos nueve años.

5.2.3 RECURSOS:

5.2.3.1 HUMANOS:

- a) 4 personas que se encargaron de realizar las mediciones del DAP y Altura.
- b) 1 persona que se encargó de marcar y enumerar los árboles.
- c) 1 persona que se encargó de transcribir los datos de campo en una electrónica de Microsoft Excel.

5.2.3.2 FISICOS:

- a) Cinta diamétrica.
- b) Clinómetro.
- c) Cinta métrica.
- d) Pintura en spray.
- e) Contadores manuales.
- f) Libreta de campo.
- g) Boleta de datos
- h) Altímetro.
- h) Computadora.

5.2.3.3 ECONOMICOS:

- a) Financiados por la finca Petacalapa. (ver anexos)

6. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

6.1 RESULTADOS:

Los resultados que se presentan a continuación se clasifican en dos fases:

- 1) Estimación epidométrica de la especie Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*).
- 2) Análisis financiero de la explotación comercial de la especie Palo Blanco.

6.1.1 ESTIMACIÓN EPIDOMETRICA

6.1.1.1 DIAMETRO:

Cuadro 2. EDAD Y PROMEDIO DE DIAMETROS (cms.) DE PALO BLANCO (*Tabebuia donnell smithii*) EN LAS PARCELAS, EN LA FINCA PETACALAPA, MALACATÁN, SAN MARCOS

AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012
EDAD (años)	5	6	7	8	9	10
DAP parcela "A"	12.41	13.42	14.49	16.06	16.88	17.66
DAP parcela "B"	12.4	12.98	14.35	16.1	16.83	17.5
DAP parcela "C"	11.98	13.03	13.78	15.7	16.23	16.83
DAP parcela "D"	13.7	14.74	15.72	16.92	17.5	17.86
promedio	12.62	13.54	14.59	16.20	16.86	17.46
crecimiento anual en (cm)		0.92	1.04	1.61	0.66	0.60

Fuente: Elaboración propia del autor

En este cuadro de edad y promedio de diámetro se observa un incremento de crecimiento anual exponencial en las edades comprendidas de 5 a 8 años, situación que cambia en las edades 9 y 10, donde se observa un decremento progresivo en el crecimiento, esto se debe al manejo, por que se debió haber raleado al finalizar el año 8. Al no ralear los arboles no engruesan puesto que tienen competencia por estar juntos, existe rose de copas lo cual es un indicador de raleo ya que después de los 5 años de siembra se debe de empezar dicho manejo.

6.1.1.2 ALTURA:

Cuadro 3. EDAD Y PROMEDIO DE ALTURA (mts) DE PALO BLANCO (*Tabebuia donnell smithii*) EN LAS PARCELAS EN LA FINCA PETACALAPA, MALACATAN, SAN MARCOS

AÑO	2007	2008	2009	2010	2011	2012
EDAD (años)	5	6	7	8	9	10
ALT parcela "A"	10.38	11.28	12.26	13.63	14.7	15.39
ALT parcela "B"	10.74	11.73	12.6	14.34	15.11	15.64
ALT parcela "C"	10.43	11.41	12.29	14.01	14.94	15.38
ALT parcela "D"	13.08	14.1	15.17	16.76	17.38	17.86
promedio	11.16	12.13	13.08	14.69	15.53	16.07
crecimiento anual en (mts)		0.97	0.95	1.61	0.85	0.54

Fuente: Elaboración propia del autor

En este cuadro de edad y promedio de alturas se observa un incremento de crecimiento anual exponencial en las edades comprendidas de 5 a 8 años, situación que cambia en las edades 9 y 10 donde se observa un decremento progresivo en el crecimiento, esto se debe al

manejo por que se debió haber raleado al finalizar el año 8. El raleo influye considerablemente en el crecimiento de la altura de los arboles, ya que si no se realiza, existe un estancamiento en dicho crecimiento porque para estar en las edades de 5 a 10 años hay muchos árboles por área, al iniciar una reforestación el número mínimo debe ser de 1,111 lo cual al principio resulta estar bien puesto que se ponen en competencia para que exista un crecimiento rápido pero a partir del 5 año se debe de empezar el manejo ya que existe rose de copas y se recomienda que se queden para su corta final de 350 a 400 árboles por hectárea.

Tanto para el diámetro como para las alturas, si el manejo hubiera sido el adecuado en las edades 9 y 10 obviamente los incrementos de crecimiento hubieran sido mayores a los que se observan en los cuadros y el resultado de la tasa de incremento anual que se observa en la fórmula encontrada mediante el método de regresión exponencial hubiera sido mayor y la edad de corta final hubiera sido menor.

A la edad de 6 años se realizó el primer raleo a una intensidad del 50% habiendo quedado una densidad de 555 árboles por hectárea. En el presente año 2012 se practicó el segundo raleo a una intensidad del 25% habiendo quedado 417 árboles por hectárea que corresponde a un 75% de los árboles que quedaron del primer raleo, por lo que se espera que las variables DAP y Altura en los próximos años tengan incrementos que armonicen con una función exponencial. Se tiene proyectado hacer el tercer raleo a una intensidad del 15% a la edad de 13 años, dejando 354 árboles/ha. El registro de crecimiento anual en el DAP indicará cuando se realizará el cuarto raleo si es que fuera necesario. Información que podrá ser corroborada en futuras investigaciones.

Otro factor que incide considerablemente es el índice de sitio y con relación a ello Vela, recomienda aquellos que tengan de un regular a un alto índice (12). El estudio a nivel regional determinó que la finca Petacalapa posee un índice regular, en fincas que posean un alto índice de sitio se esperan resultados aun más halagadores.

6.1.1.3 CURVAS SIGMOIDALES:

Al establecer los coeficientes de correlación (r) Lineal, Exponencial y Potencial con las variables edad y diámetro los resultados fueron.

$$r \text{ Lineal} = 0.99$$

$$r \text{ Exponencial} = 0.9$$

$$r \text{ Potencial} = 1$$

Al establecer los coeficientes de correlación (r) Lineal, Exponencial y Potencial con las variables edad y Altura los resultados fueron.

$$r \text{ Lineal} = 0.99$$

$$r \text{ Exponencial} = 0.91$$

$$r \text{ Potencial} = 0.97$$

Se puede observar que en los tres modelos ensayados "r" es alto y que seguramente no hay diferencia significativa entre ellos. Se considera que a pesar de que el modelo exponencial da el valor "r" más pequeño, seguramente es el adecuado porque solamente se ha considerado un segmento de la curva de crecimiento sigmoideal, es decir, si se consideraran todos los años resultaría ser que la exponencial es la que mejor se ajusta antes de llegar a la fase de senectud o vejez de la curva sigmoideal, esto último se afirma en el concepto teórico de la definición de la curva de crecimiento para un ser vivo.

a). ECUACIÓN DE REGRESIÓN EXPONENCIAL PARA PREDECIR EL CRECIMIENTO DEL DAP:

Para predecir el crecimiento del DAP en Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) se obtuvo la siguiente ecuación:

$$\text{Crecimiento del DAP} = 9.04 (1.0703)^n$$

En donde:

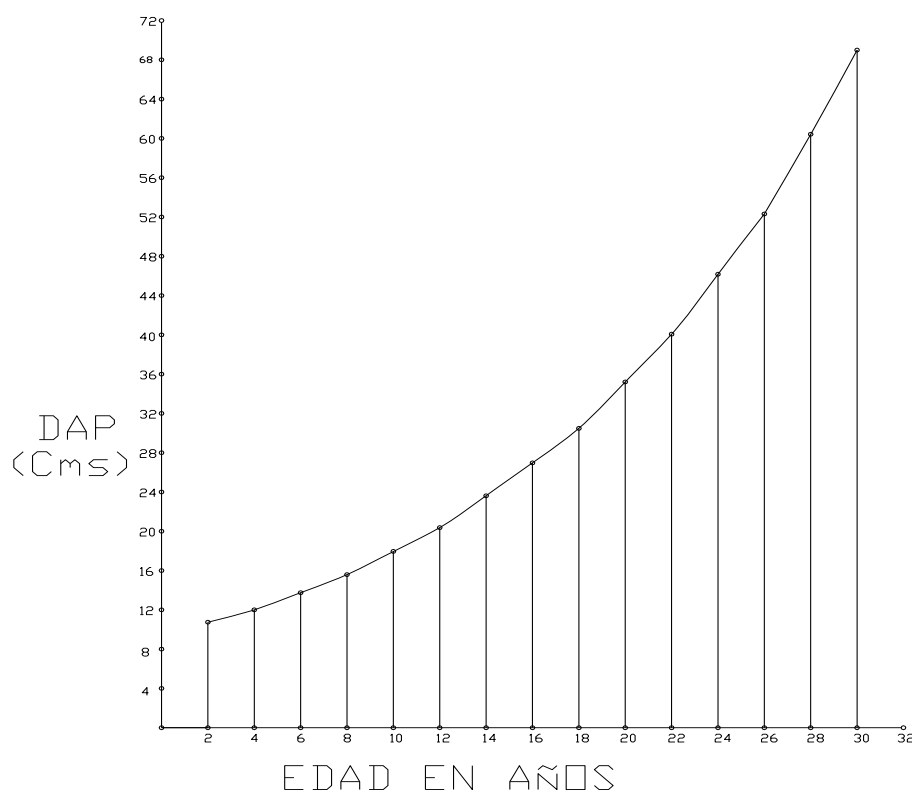
DAP = Diámetro a la altura del pecho (cms)

N= Edad en años en la plantación.

Con esta ecuación de regresión, se establece que a los 24 años de edad se alcanza un diámetro (DAP) igual a 0.46 metros el cual es mayor a 0.45m, que es el mínimo para una troza comercial. Este crecimiento es influenciado por el manejo forestal, factores ambientales y el tipo de suelo.

Grafica 1

CURVA SIGMOIDEA DE LA VARIABLE DIAMETRO A LA ALTURA DE PECHO (DAP) DEL PALO BLANCO (*Tabebuia donnell smithii*), ESTIMADA CON LA ECUACION: $DAP = 9.04(1.0703)^n$



Fuente: Elaboración propia del autor

b) ECUACIÓN DE REGRESIÓN EXPONENCIAL PARA PREDECIR EL CRECIMIENTO DE LA ALTURA:

Para predecir el crecimiento de la Altura en Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) se obtuvo la siguiente ecuación:

Crecimiento de ALTURA = $7.67 (1.079)^n$.

En donde:

Y= Altura total en (mts)

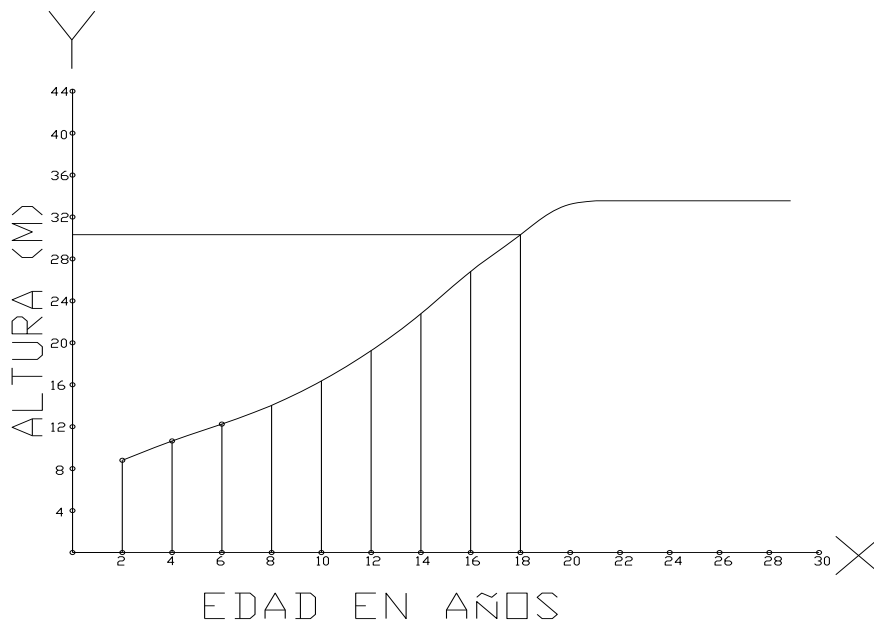
n= Edad en años.

Con esta ecuación de regresión, se establece que a los 18 años se alcanza una altura de 30.14 metros. A partir de esa edad los datos se presume que empiezan a ser exagerados, por lo que se estima que a esta edad finaliza el crecimiento exponencial de esta especie y entra a una fase estacionaria en el crecimiento de altura. Esto se enuncia basado que en el campo no se observan árboles con una diferencia mayor significativa a la antes mencionada.

Las tasas de crecimiento anual de las variables DAP y Altura total resultaron ser similares, siendo el 7.03% para el DAP y 7.9% para la altura total con datos tomados en las edades de 5 a 10 años. Se estima que alrededor de los 18 años la variable altura total termina su fase exponencial para entrar a la fase estacionaria, sin embargo el DAP a dicha edad continua su fase exponencial.

Grafica 2

CURVA SINMUIDEA DE LA VARIABLE ALTURA TOTAL DEL PALO BLANCO (*Tabebuia donnell smithii*), ESTIMADA CON LA ECUACION $Y = 7.67(1.079)^n$



Fuente: Elaboración propia del autor

c) **COMPARACIÓN DEL MODELO DE REGRESIÓN EXPONENCIAL CON EL DE LA FUNCIÓN LOGÍSTICA.**

Cuadro 4.

	(DAP en cm)		(ALTURA en mts)	
	Comparación del DAP		Comparación de la Altura	
	Funciones		Funciones	
	Exponencial	Logística	exponencial	logística
Edad	DAP	DAP	ALTURA	ALTURA
1	9.675512	8.99829857	8.27593	4.933135088
2	10.3557005	9.55973405	8.92972847	5.271492777
3	11.0837062	10.1515205	9.63517702	5.629332466
4	11.8628908	10.7747088	10.396356	6.007261259
5	12.696852	11.4303114	11.2176681	6.405833742
6	13.5894407	12.1192919	12.1038639	6.82554096
7	14.5447784	12.8425522	13.0600692	7.266798847
8	15.5672763	13.6009205	14.0918146	7.729936283
9	16.6616558	14.3951375	15.205068	8.215182944
10	17.8329702	15.2258422	16.4062683	8.722657199
11	19.086628	16.0935578	17.7023635	9.252354303
12	20.428418	16.9986767	19.1008503	9.804135189
13	21.8645358	17.9414463	20.6098174	10.37771619
14	23.4016126	18.9219537	22.237993	10.97266
15	25.046746	19.9401125	23.9947945	11.58836832
16	26.8075323	20.9956492	25.8903832	12.22407639
17	28.6921018	22.0880913	27.9357235	12.87884988
18	30.7091565	23.2167565	30.1426457	13.55158433
19	32.8680102	24.3807442	32.5239147	14.24100749
20	35.1786314	25.5789286	35.0933039	14.94568462
21	37.6516891	26.8099548	37.8656749	15.66402695
22	40.2986029	28.072237	40.8570633	16.39430319
23	43.1315947	29.3639602	44.0847713	17.13465418
24	46.1637458	30.6830852	47.5674682	17.88311026
25	49.4090571	32.0273565	51.3252982	18.63761122
26	52.8825138	33.3943136	55.3799967	19.39602832
27	56.6001545	34.7813063	59.7550165	20.15618801
28	60.5791454	36.1855125	64.4756628	20.91589669
29	64.8378593	37.6039592	69.5692401	21.67296593
30	69.3959608	39.0335469	75.0652101	22.42523765

Fuente: Elaboración propia del autor.

Se puede observar que para el DAP, con la función exponencial alcanza un diámetro de 46.16 cms, el cual es mayor a 45 que es el diámetro mínimo comercial del Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*). Se puede observar también que respecto a la altura alcanza 30

mts a la edad de 18 años con la función exponencial, lo cual es un reflejo de lo que se observa en el campo ya que difícilmente los árboles crecen mas de 30 mts de altura.

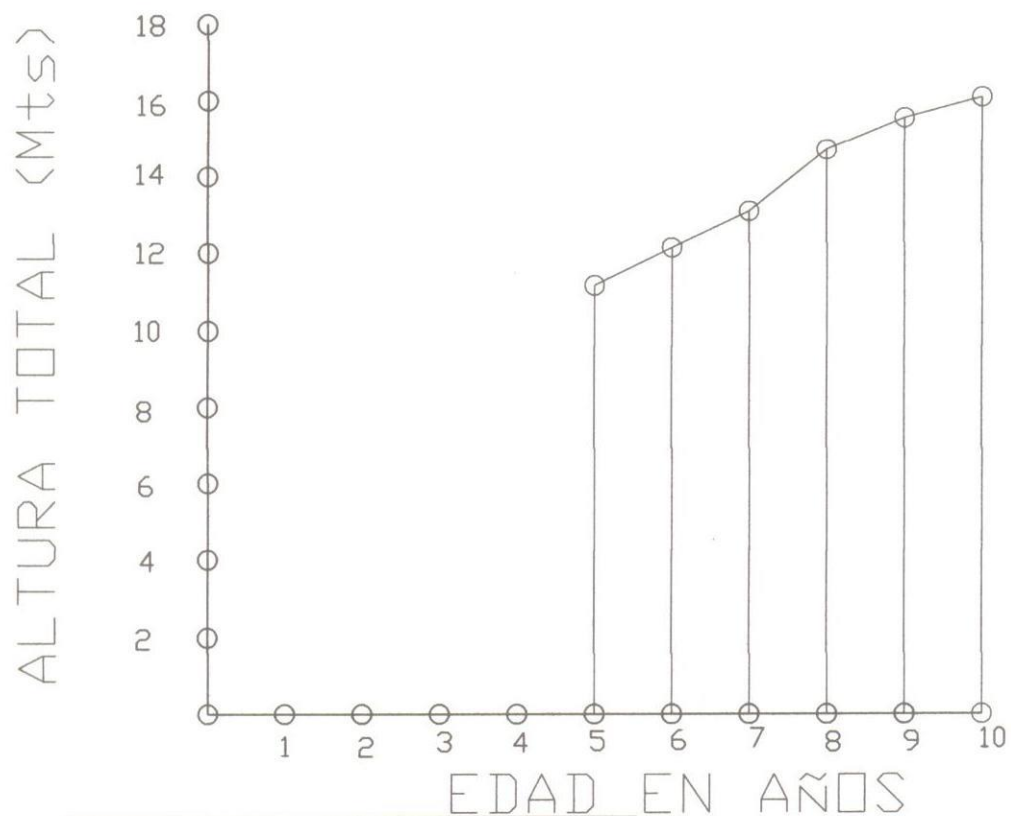
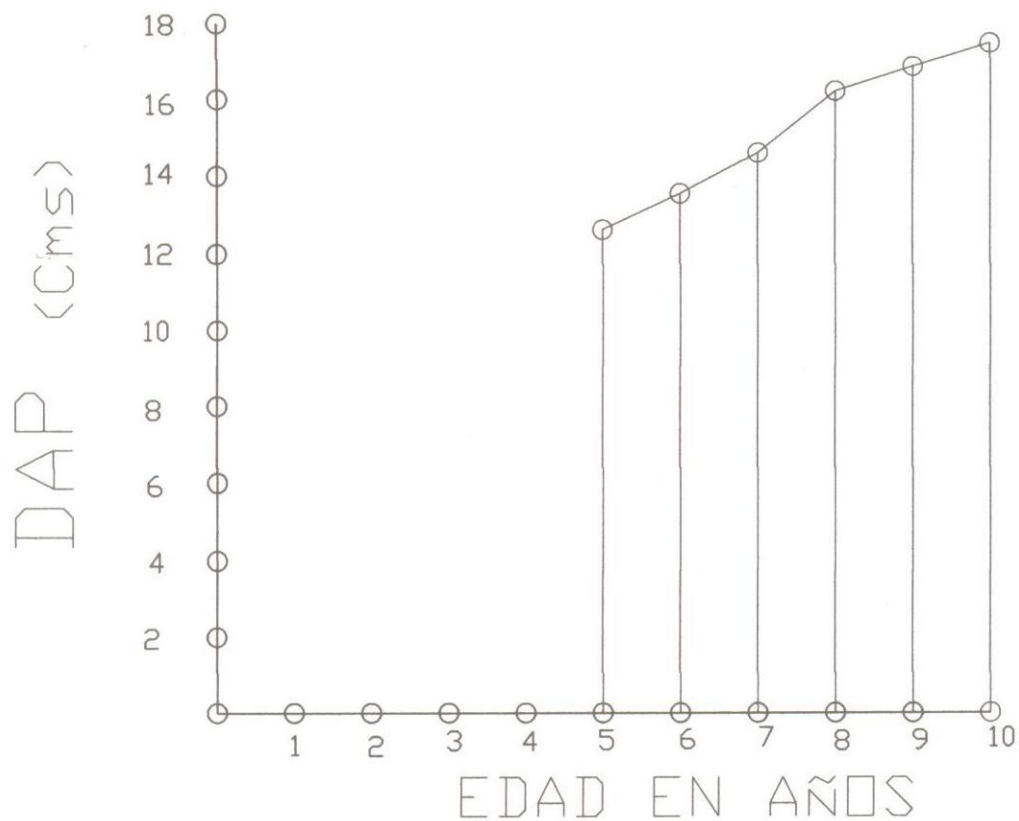
Cuadro 5. Comparación de datos reales tomados en campo con datos resultantes de las ecuaciones de los modelos de regresión exponencial y la función logística.

DAP real vrs DAP ecuaciones.				ALT real vrs ALT ecuaciones		
		Funciones			Funciones	
	Datos reales en campo	Exponencial	Logística	Datos reales en campo	Exponencial	Logística
Edad	DAP REAL	DAP	DAP	ALT REAL	ALTURA	ALTURA
1		9.675512	8.99829857		8.27593	4.93313509
2		10.3557005	9.55973405		8.92972847	5.27149278
3		11.0837062	10.1515205		9.63517702	5.62933247
4		11.8628908	10.7747088		10.396356	6.00726126
5	12.62	12.696852	11.4303114	11.16	11.2176681	6.40583374
6	13.54	13.5894407	12.1192919	12.13	12.1038639	6.82554096
7	14.59	14.5447784	12.8425522	13.08	13.0600692	7.26679885
8	16.2	15.5672763	13.6009205	14.69	14.0918146	7.72993628
9	16.86	16.6616558	14.3951375	15.53	15.205068	8.21518294
10	17.46	17.8329702	15.2258422	16.07	16.4062683	8.7226572

Fuente: Elaboración propia del autor.

Al comparar el modelo de regresión Exponencial con la Función Logística, se evidencia que la Exponencial es la más adecuada (ver cuadros comparativos 4 y 5), debido a que la función exponencial refleja los resultados casi semejantes a los reales tomados en campo, en los años de la investigación (ver cuadro 5)

FRAGMENTOS DE CURVAS SIGMOIDALES CON PROMEDIOS REALES DE LAS VARIABLES DAP Y ALTURA TOTAL DEL PALO BLANCO EN PLANTACION ARTIFICIAL, EN EDADES DE 5-10 AÑOS



Fuente: Elaboración propia del autor.

d) Coeficiente Mórfico:

También se procedió a tomar el coeficiente mórfico de 3 árboles talados en el raleo y se encontró un promedio de 0.56. Se procedió a tomar los estadísticos descriptivos, rango y coeficiente de variación con el fin de establecer la uniformidad que presentan los individuos después de haber pasado por un proceso de selección, el cual consistió en dos raleos en las parcelas:

Cuadro 6. Estadísticos descriptivos DAP Edad 10 años

	Rango (cm)	Coef de Var
Parcela "A"	14.6-20.5	2.13%
Parcela "B"	14.5 - 19.9	2.20%
Parcela "C"	12.5 - 20.6	2.97%
Parcela "D"	14.8 – 23.0	2.71%

Cuadro 7. Estadísticos descriptivos Altura Edad 10 años

	Rango (mts)	Coef de Var
Parcela "A"	11.3 - 18.8	2.38%
Parcela "B"	13 - 18.7	2.14%
Parcela "C"	12 - 18.6	2.96%
Parcela "D"	15 - 20.4	1.90%

Fuente: Elaboración propia del autor.

De acuerdo con los indicadores Rango y Coeficiente de Variación se observó que entre los individuos existe una buena uniformidad en las variables DAP y Altura, juzgando por los porcentajes que se observan en los cuadros 6 y 7, lo cual es un reflejo de como se ven las parcelas en el campo.

6.1.2 ESTIMACIÓN FINANCIERA:

Se capitalizaron todos los costos y beneficios que las actividades conllevan en un lapso de 24 años, edad que corresponde a la corta final estimada en esta investigación, a una tasa de 6.663 % que corresponde a la tasa promedio de inflación en los últimos nueve años del país, (ver hoja de cálculo de Análisis Financiero en anexos).

Los resultados por hectárea fueron:

Valores actuales netos (VAN) = Q 378,035.71

Relación Beneficio Costo (RB/C)= 3.41

Tasa Interna de Retorno (TIR)= 21.6%

En un ensayo realizado en la finca se observó que los productos forestales obtenidos al talar un árbol con un DAP de 45 cm, una altura comercial de 3.5 m, una altura total de 27 metros con un coeficiente mórfico de 0.56 fueron:

Madera fina = 170.46 pies tablar

Madera corta (barrote) = 8 piezas.

Leña = 1.5 tareas

Esto utilizando como medio de aserrío una motosierra.

Con relación al análisis financiero los resultados se ven estimulantes y se pudieran mejorar si en lugar de aserrar con motosierra se utilizara sierra de cinta ya que se tiene entendido que el factor de aserrío de la motosierra es igual a 0.5 y el de la sierra de cinta igual a 0.7.

7. CONCLUSIONES.

- 7.1 Con los 6 años de investigación se encontró información para establecer modelos de predicción para el crecimiento en DAP, Altura, Volumen para la especie Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) para la Finca Petacalapa ubicada en el municipio de Malacatán San Marcos. Para el DAP fue la ecuación **DAP = 9.04 (1.0703)ⁿ** Para la altura fue la ecuación **ALTURA = 7.67 (1.079)ⁿ**.
- 7.2 El manejo aplicado al cultivo del Palo Blanco (*Tabebuia donnell smithii*) incide en el crecimiento del DAP y de la Altura, de tal modo que los raleos atrasados inciden negativamente en el incremento de crecimiento de los árboles.
- 7.3 El modelo más apropiado de predicción en la presente investigación es el de Regresión exponencial con relación al modelo de la curva logística, ya que el exponencial resulta dar datos muy semejantes a los reales.
- 7.4 De acuerdo a los indicadores económicos VAN= Q. 378,035.71, RB/C= 3.41, TIR= 21.6% el cultivo de Palo Blanco tiene resultados muy satisfactorios y es económicamente rentable al llevar a cabo la rodalización a los 24 años.

8. RECOMENDACIONES

- 8.1 Se recomienda seguir tomando datos de las parcelas del presente trabajo de investigación en los años posteriores para que a los modelos de predicción encontrados vayan incrementando su precisión con relación a la realidad.
- 8.2 Se recomienda realizar el primer raleo en las edades comprendidas de 5 a 6 años a una intensidad del 50%. El segundo raleo a la edad de 8-9 años dejando un 75% de lo que quedó del primer raleo. Los raleos posteriores deben realizarse según se observe decrecimientos en los datos obtenidos en las parcelas.
- 8.3 Se recomienda promover el cultivo del palo blanco (*Tabebuia donnell smithii*) ya sea con o sin incentivos forestales, porque los indicadores, Valores Actuales Netos (VAN), Relación Beneficio Costo (RB/C) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) encontrados son rentables y así poder generar materia prima que ayude al desarrollo forestal del país.

9. BIBLIOGRAFIA.

- 1) CATIE (Centro agronómico Tropical de Investigación y enseñanza), 2,003. Árboles de Centro América. Turrialba, Costa Rica. 955.p.
- 2) DIEGUEZ, U.; BARRIO, M.; CASTEDO, F.; RUIZ, A.; ALVAREZ, M.F.; ALVAREZ, J. G.; ROJO, A., 2,003. Dendrometría. Madrid, España. 36-37., 108-109., 215-217.p.
- 3) HERRERA, B. 1998. Calidad de sitio y factores ambientales en bosques de Centro América. San José CR. Agronomía Costarricense. 101.p
- 4) HOLDRIDGE, L., 1959. Zonificación Ecológica de América, Central. Turrialba, Costa Rica.
- 5) IMAÑA, J. E.; ENCINAS, O.B. 2008. Epidometría Forestal, 1ra edición, Universidad de Brasilia, Brasil departamento de Engenharia Florestal. Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias forestales y ambientales, Mérida Venezuela. 8., 50-51.p.
- 6) INAB (Instituto Nacional de Bosques), 2,004. Reglamento del programa de incentivos Forestales – Pinfor-. Guatemala. 23-25. p.
- 7) JOHN, K. F. Tabebuia. Consultado mayo del 2011. Disponible en www.fs.fed.us/global/iitf/tabebuiaonnellsmithii.pdf.
- 8) Ley Forestal y su Reglamento. 1997. Decreto Número 101-96 Del Congreso de la Republica. 32-33.p.
- 9) PIETER G. Producción Forestal. 1,982. Manuales para educación agropecuaria. México. 86.p.
- 10) UGALDE A., L. A. 2,002. El sistema MIRA (Manejo de información sobre Recursos Arbóreos), Componente de la Silvicultura. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza –CATIE-. Turrialba, Costa Rica. 110p.
- 11) VASQUEZ, W. y UGALDE. 1994. Rendimiento y calidad de sitio. Costa Rica. Informe final, convenio de cooperación forestal Chorotega (IDA/FAO). Proyecto Madeña-3. Turrialba, CR. 132p.
- 12) VELA H., L.A. 2,006. Características de Sitio, que determinan el crecimiento y productividad de palo blanco, (Tabebuia donnell smithii), en plantaciones forestales de la región forestal IX costa sur de Guatemala. 29p.
- 13) ZEA, S Y CASTRO, M. 1,995. Formulación y Evaluación de Proyectos. Guatemala. 20-21., 92-97.p.

ANEXOS

PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACIÓN:

Cuadro 7

PRESUPUESTO DE LA INVESTIGACION							
DESCRIPCION							
MANO DE OBRA	Unidad	Limpias	Días	Encargados	Años	Precio	TOTAL
Encargados mediciones por día			2	4	6	Q 75	Q 3600
Encargado de la investigación por día			2	1	6	Q 300	Q 3600
Limpia manual de las parcelas por parcela	4	3			6	Q 25	Q 1800
Remarcación de árboles por día			4	3	6	Q 60	Q 4320
TOTAL MANO DE OBRA							Q 13320
INSUMOS							
Cinta diamétrica por unidad	1					Q 600	Q 600
Cinta métrica por unidad	1					Q 450	Q 450
Clinómetro por unidad	1					Q 1900	Q 1900
contadores para inventario por unidad	2					Q 80	Q 160
Pintura para enumerar árboles en spray.	30					Q 20	Q 600
Rótulo para identificar parcela.	8					Q 125	Q 1000
Boletas de campo por unidad	20					Q 0.5	Q 10
Altímetro por unidad	1					Q 1200	Q 1200
TOTAL DE INSUMOS							Q 5920
TOTAL DEL PRESUPUESTO							Q 19240

Fuente: Elaboración propia del autor.

INSTRUMENTOS DE MEDICION FORESTAL

CLINOMETRO: APARATO PARA MEDIR DIRECTAMENTE LA ALTURA DE LOS ARBOLES



CINTA DIAMETRICA: APARATO PARA MEDIR DIRECTAMENTE EL DIAMETRO DE LOS ARBOLES



UBICACION DE LA FINCA PETACALAPA



