





Tecnológico de Costa Rica  
Área Académica Agroforestal  
Maestría en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción

Trabajo Final de Graduación sometido al Tribunal del Área Académica  
Agroforestal del Tecnológico de Costa Rica para optar por el grado de Máster en  
Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción

***Cultivo de madera de pilón (*Hyeronima alchorneoides* Allemão) en Costa  
Rica.***

Jonathan Aníbal Vallejos Salazar

Sede Cartago, Costa Rica

Abril, 2019

## Hoja de Aprobación del Trabajo Final de Graduación

Este Trabajo Final de Graduación fue aceptado por el Tribunal del Área Académica Agroforestal del Tecnológico de Costa Rica, como requisito parcial para optar por el grado de Máster en Gestión de Recursos Naturales y Tecnologías de Producción

---

Ing. Olman Murillo Gamboa, Ph. D  
Profesor Tutor

---

Ing. Mario Guevara, M.Sc.  
Profesor Lector

---

Ing. Roel Campos Rodríguez, Ph. D  
Presidente de Tribunal

---

Jonathan Aníbal Vallejos Salazar  
Sustentante

## Dedicatoria

A Dios

por darme el entendimiento e iluminarme  
en el camino día con día,  
trayéndome de su mano hasta  
donde me encuentro hoy.

A mis hijos Gabriel y Angélica Vallejos Meza,  
esposa Karla Meza Mata por el apoyo incondicional.

A mis padres

Aníbal, Elizabeth y hermanas

## Agradecimientos

El autor desea expresar su agradecimiento por la colaboración y apoyo en la realización del presente trabajo a las siguientes personas:

Al Ing. Olman Murillo Gamboa por apoyarme en la realización de esta investigación. Por transmitirme parte de su valiosa sabiduría. Por su amistad y confianza que ha tenido sobre mí.

A la Ing. Yorleny Badilla por el apoyo en esta investigación y su amistad.

A los ingenieros Gustavo Torres y Mario Guevara, por su contribución a esta tesis y por el apoyo, conocimiento transmitido y su amistad.

A todos los profesores y compañeros, por el apoyo y conocimiento transmitido.

## Índice general

Dedicatoria.....	iv
Agradecimientos .....	v
Índice general .....	vi
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	xii
Capítulo 1. Introducción .....	1
Capítulo 2. Objetivos.....	3
General.....	3
Específicos .....	3
Capítulo 3. Artículo.....	4
Palabras Claves.....	4
Resumen .....	4
Key Words.....	5
Abstract ajustar según el resumen.....	5
Introducción .....	6
Metodología .....	7
Enfoque y tipo de investigación .....	7
Marco espacial y temporal .....	7
Sistematización de los objetivos .....	8
a. Guía silvicultural .....	8
i. Búsqueda información.....	8
ii. Recopilación y sistematización.....	8
iii. Diseño y documento de la guía .....	8
b. Desarrollo de una función de crecimiento y rendimiento.....	9

Datos de campo .....	9
Modelo de crecimiento en diámetro y altura .....	9
Volumen comercial .....	11
Estadísticos de prueba .....	11
Estimación del volumen de rodal .....	14
c. Modelo de costos e ingresos del cultivo .....	16
Rendimientos de actividades de mantenimiento y manejo.....	16
Costos (egresos) .....	16
Ingresos.....	18
d. Flujo de caja y análisis financiero .....	20
Flujo de caja .....	20
Impuestos de venta .....	20
Análisis financiero.....	21
Resultados y discusión .....	23
Componente 1. Guía de cultivo para pilón .....	23
1. Clasificación taxonómica .....	23
3. Nombres comunes: .....	24
4. Distribución natural .....	24
5. Descripción de la especie .....	25
6. Fenología .....	28
7. Características y propiedades generales de la madera .....	29
a. Descripción de la madera.....	29
b. Propiedades mecánicas .....	31
c. Durabilidad natural .....	32
8. Uso de la madera.....	33

9. Establecimiento de plantaciones .....	33
10. Mantenimiento .....	36
Componente 2. Crecimiento en diámetro, altura total y volumen del rodal ....	49
Componente 3. Costos e ingresos.....	57
Componente 4. Flujo de caja y análisis financiero .....	62
Capítulo 4. ....	68
Conclusiones .....	68
Recomendaciones .....	69
Anexos.....	70
Anexo 1. Distribución de residuos para los modelos evaluados de crecimiento d/edad .....	71
Anexo 2. Curvas de crecimiento para los modelos evaluados de crecimiento d/edad .....	76
Anexo 3. Distribución de residuos para los modelos evaluados de crecimiento altura total/edad .....	77
Anexo 4. Curvas de crecimiento para los modelos evaluados de crecimiento altura total/edad .....	82
Anexo 5. Tabla de volumen comercial con corteza y sin corteza .....	83
Anexo 6. Modelo de costo de establecimiento y mantenimiento de la plantación .....	85
Bibliografía.....	99

## Índice de cuadros

Cuadro 1. Modelos alométricos evaluados para predecir crecimiento en diámetro y altura total .....	10
Cuadro 2. Parámetros utilizados para realizar la proyección de crecimiento de volumen del rodal para un periodo de cosecha final de 20 años. ....	15
Cuadro 3. Distribución porcentual de las cargas sociales incluidas en el costo del jornal .....	17
Cuadro 4. Evento fenológico de <i>H. alchorneoides</i> para Costa Rica. ....	28
Cuadro 5. Características de los árboles y propiedades de la madera de pilón provenientes de plantación a los 12 años de edad, a una densidad de 332 árboles/hectáreas en Costa Rica (N = 9). ....	30
Cuadro 6. Valores promedio de propiedades mecánicas en madera de pilón al 12% de humedad (N=18) en Costa Rica. ....	31
Cuadro 7. Insectos y enfermedades reportados como asociados a plantaciones de pilón en Costa Rica .....	39
Cuadro 8. Programa de podas sugerido en plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	43
Cuadro 9. Programa de raleo sugerido en plantaciones de pilón en Costa Rica. .	46
Cuadro 10. Distribución por clase diamétrica de las parcelas muestreadas en tres regiones de Costa Rica para el ajuste del modelo d/edad en plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	49
Cuadro 11. Distribución por edad de las parcelas muestreadas en tres regiones de Costa Rica, para el ajuste del modelo de crecimiento d/edad en plantación. ....	50
Cuadro 12. Modelos evaluados para el ajuste de curvas de crecimiento d vs edad con sus respectivos estadísticos, para plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	52
Cuadro 13. Distribución por clase de altura total de las parcelas muestreadas en tres regiones de Costa Rica, para el ajuste del modelo de crecimiento en altura total en plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	53
Cuadro 14. Distribución por edad (años) de las parcelas muestreadas en tres regiones de Costa Rica, para el ajuste del modelo de crecimiento en altura total en plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	53

Cuadro 15. Modelos evaluados para el ajuste de curvas de crecimiento altura total vs edad con sus respectivos estadísticos, para plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	55
Cuadro 16. Proyección de volumen comercial con corteza (m <sup>3</sup> /ha) a partir del crecimiento en diámetro y altura total esperados para una plantación de pilón en Costa Rica. ....	56
Cuadro 17. Costos de mano de obra con cargas sociales utilizados para cada tipo de puesto. ....	57
Cuadro 18. Costos de insumos para el establecimiento y manejo de la plantación forestal.....	58
Cuadro 19. Costos de servicios para el establecimiento y manejo de la plantación forestal.....	59
Cuadro 20. Distribución del costo total para un pequeño y mediano productor por hectárea para establecer y mantener una plantación de pilón en Costa Rica. ....	59
Cuadro 21. Distribución de los desembolsos del PSA al productor por parte del FONAFIFO.....	62
Cuadro 22. Indicadores financieros obtenidos para diferentes costos de oportunidad y escenario de inversión, para establecer una plantación de pilón en Costa Rica. Donde VAN=Valor Actual Neto, ID = Índice deseabilidad y TIR=Tasa Interna de Retorno.....	63
Cuadro 23. Flujo de caja para establecer una plantación de pilón en Costa Rica en el escenario que el productor dispone de recursos económicos (fondos propios).65	
Cuadro 24. Flujo de caja para establecer una plantación de pilón en Costa Rica en el escenario que el productor dispone los recursos económicos y recibe el Pago por Servicios Ambientales de FONAFIFO.....	66
Cuadro 25. Tabla preliminar de volumen comercial con corteza para <i>Hieronyma alcheornoides</i> , utilizando la función con el mejor ajuste. R <sup>2</sup> -adjust=0,9702, S <sub>yx</sub> =0,008, CV (%)=9,24, (P< 0,0001) .....	83
Cuadro 26. Tabla preliminar de volumen comercial sin corteza para <i>Hieronyma alcheornoides</i> , utilizando la función con el mejor ajuste. R <sup>2</sup> -adjust=0,976, S <sub>yx</sub> =0,006, CV (%)=3,32, (P< 0,0001).....	84

Cuadro 27. Modelo de costo para el establecimiento y mantenimiento de una plantación de pilón en Costa Rica, adaptado para pequeños y medianos productores. ....	85
--	----

## Índice de figuras

Figura 1. Comportamiento del precio de la madera pilón en el mercado nacional para el periodo 2007-2018. ....	19
Figura 2. Distribución natural de la especie de <i>H. alchorneoides</i> . ....	24
Figura 3. Corteza de pilón en plantaciones forestales. Fuente: (ITTO, 2019).....	25
Figura 4. Fuste de pilón en árboles de bosque natural.....	25
Figura 5. Coloración de las hojas de pilón.....	26
Figura 6. Inflorescencia de <i>H. alchorneoides</i> .....	27
Figura 7. Frutos de pilón. Fuente: (Panama watershed tree atlas, 2019) .....	27
Figura 8. Madera de duramen de pilón. ....	30
Figura 9. Modelo de mejor ajuste para la relación diámetro vs edad, en plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	51
Figura 10. Modelo de mejor ajuste para la relación altura total vs edad en plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	54
Figura 11. Modelo de rendimiento y de distribución de ingresos en el manejo de una plantación de pilón en Costa Rica .....	61
Figura 12. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo $d = 3,8976 + 1,3587 * \text{Edad}$ para plantaciones de pilón en Costa Rica. ...	71
Figura 13. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo $d = 1,7279 * \text{Edad}$ para plantaciones de pilón en Costa Rica.....	71
Figura 14. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo $d = 0,9171 + e(-0,8586 * \text{Edad})$ para plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	72
Figura 15. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo $d = 0,9595 + 2,3284 * \text{Edad} - 0,0572 * \text{Edad}^2$ para plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	72
Figura 16. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo $d = 2,5477 * \text{Edad} - 0,0678 * \text{Edad}^2$ para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	73

Figura 17. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo $d = -1,5053 + 20,1102 * \text{Log}(\text{Edad})$ para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	73
Figura 18. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo $d = 18,4943 * \text{Log}(\text{Edad})$ para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	74
Figura 19. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo $d = e(4,0924 - 3,728 * \text{Edad})$ para plantaciones de pilón en Costa Rica	74
Figura 20. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo $d = 1,5366 + e(0,1224 * \text{Edad})$ para plantaciones de pilón en Costa Rica	75
Figura 21. Curvas de crecimiento diámetro-edad para los modelos evaluados para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	76
Figura 22. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo $H_t = 0,9214 + 1,6051 * \text{Edad}$ para plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	77
Figura 23. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo $H_t = 1,7025 * \text{Edad}$ para plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	77
Figura 24. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo $H_t = 0,2175 + e(1,1960 * \text{Edad})$ para plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	78
Figura 25. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo $H_t = -1,1865 + 2,7250 * \text{Edad} - 0,0785 * \text{Edad}^2$ para plantaciones de pilón en Costa Rica. ....	78
Figura 26. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo $H_t = 2,3545 * \text{Edad} - 0,0570 * \text{Edad}^2$ para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	79
Figura 27. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo $H_t = 1,5953 + 15,3214 * \text{Log}(\text{Edad})$ para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	79
Figura 28. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo $H_t = 16,9232 * \text{Log}(\text{Edad})$ para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	80

Figura 29. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo $H_t = e(3,9330 - 3,5507 * 1Edad)$ para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	80
Figura 30. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo $H_t = 0,4071 + e(0,2329 * Edad)$ para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	81
Figura 31. Curvas de crecimiento altura total-edad para los modelos evaluados para plantaciones de pilón en Costa Rica .....	82

## Capítulo 1. Introducción

El potencial de competitividad de Costa Rica ante el mercado internacional de maderas, está evidentemente en desventaja por su pequeña escala productiva, altos costos de producción, tierra y mano de obra cara; que pone a los productores nacionales en desventaja con relación a otras regiones del mundo (Alvarado, 2016).

La estrategia productiva de Costa Rica se debe basar en una silvicultura intensiva de alta productividad y de alta calidad, basado en maderas del mayor valor posible de mercado. El *Hieronyma alchorneoides* (pilón) se convierte en una alternativa importante para la reforestación nacional, por su importancia económica, debido al uso que se la ha dado a su madera y aceptable productividad en plantación (Nehra, y otros, 2005).

La actividad forestal por varios años contó con apoyo económico, pero con lineamientos insuficientes que no lograron convertir la reforestación en una actividad sostenible. Por tal razón las plantaciones establecidas bajo el régimen de incentivos forestales, no alcanzaron las expectativas en cuanto a cantidad y calidad en el producto final (Delgado, 2002). Muchas de las plantaciones forestales fracasaron debido a una mala selección de sitios, mala calidad del material vegetativo, desconocimiento sobre el comportamiento de la plantación en rodales puros (Acuña, 1999), así como a una deficiente asistencia técnica.

En los años 70 la Dirección General Forestal dentro del Ministerio de Agricultura estableció la primera red de ensayos para evaluar el comportamiento con más de 50 especies (Camacho, 1981). En respuesta al enorme esfuerzo realizado en los años 90 el programa de mejoramiento del pilón inició con un ensayo de procedencia-progenie, a partir de amplias colectas de árboles naturales sin criterios de selección estricta, realizados en el Pacífico sur y zona norte del país (Calvo, Arias, & Sibaja, 1995), (Calvo, Arias, & Sibaja, 1997) y (Acuña, 1999). Ante los positivos resultados

se clonaron los mejores 19 individuos procedentes de las mejores familias de manera que se continuó con un desarrollo clonal para el pilón (Murillo, Badilla, & Obando, 2002). Las plantaciones forestales actuales con el objetivo de suministrar productos industriales, en su mayoría se establecen a partir de un germoplasma genéticamente mejorado (Evans, 2009) y (Nehra, y otros, 2005).

Para enfrentar los problemas presentados en el cultivo de la madera, se ha promovido la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías en los diferentes campos a nivel de abastecimiento seguro y certificado de material genético, establecimiento y manejo de las plantaciones, aprovechamiento y tecnología de la madera, con el propósito de alcanzar una silvicultura de precisión que permita aumentar la productividad de la plantación.

Pese a los diferentes estudios y avances que se ha logrado hasta la fecha, no existe una transferencia tecnológica a los diferentes actores involucrados en la producción de madera, en particular, a los pequeños productores. En Costa Rica se han publicado dos guías sobre la especie: La primera titulada "*Hyeronima alchorneoides* en Costa Rica" (Solís & Moya, 2004) y la segunda, "*Hyeronima alchorneoides*: Ecología y Silvicultura" (Montero, De Los Santos, & Kanninen, 2007). En ambos documentos se realizó una breve descripción del cultivo de pilón a partir de las experiencias de las plantaciones establecidas con plántulas y con el paquete tecnológico del momento. Ambos documentos utilizan un lenguaje muy técnico que dificulta su empleo por parte de los productores.

Después de 14 años de trabajos de investigación se ha mejorado algunas prácticas silviculturales de la especie. Sin embargo, no existe un documento actualizado y completo que facilite el fomento del cultivo de pilón en Costa Rica. Por tanto, surge la necesidad de elaborar una guía técnica actualizada que permita orientar al productor o inversionista en el cultivo de esta especie para la producción de madera en el país, que considere los aportes de las investigaciones más recientes para esta especie, en un lenguaje apropiado para un gran público.

Este nuevo instrumento debe considerar aspectos de abastecimiento seguro de plantas proveniente de material genéticamente certificado, establecimiento y manejo de la plantación, proyecciones de crecimiento y rendimiento, una estructura de costos y flujo de caja respectiva. Además, permitirá orientar a los productores a tomar decisiones que favorezcan la puesta en marcha de prácticas de impacto en el aumento en la productividad del cultivo.

## Capítulo 2. Objetivos.

### General

- Desarrollar una guía silvicultural sobre el cultivo de *Hyeronima alchorneoides* Allemão para la producción de madera en Costa Rica.

### Específicos

- Recopilar información sobre *Hyeronima alchorneoides* Allemão a partir de experiencias en plantaciones en Costa Rica.
- Determinar modelos de crecimiento para diámetro y altura total, en función de la edad, para árboles de pilón en plantaciones forestales en Costa Rica.
- Proponer un modelo de costos para el cultivo de pilón con fines comerciales en Costa Rica.
- Crear un flujo de caja y financiero para el cultivo de madera de pilón en Costa Rica.

## Capítulo 3. Artículo

### **Cultivo de madera de pilón (*Hyeronima alchorneoides* Allemão) en Costa Rica.**

### **The cultivation of pilón (*Hyeronima alchorneoides* Allemão) in Costa Rica.**

#### **Palabras Claves**

Guía silvicultural, modelo de crecimiento, flujo de caja, análisis financiero.

#### **Resumen**

El pilón (*Hyeronima alchorneoides*) es una de las especies forestales nativas de mayor potencial de cultivo en Costa Rica. A nivel nacional, existen investigaciones en temas como manejo silvicultural, mejoramiento genético, calidad de la madera, entre otras. Sin embargo, no existe un paquete tecnológico actualizado y completo para esta especie; por lo que surge la necesidad de compilar y sistematizar el conocimiento generado en los últimos años sobre la especie, con el propósito de mejorar la asistencia técnica al productor o al inversionista interesado en la producción de madera con esta especie.

Se realizó una investigación con un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo) y de tipo descriptivo. Se realizó una búsqueda de información relacionada con el cultivo de pilón en Costa Rica, utilizando bases de datos de revistas indexadas.

Se utilizó una base de datos con más de 230 parcelas de medición para ajustar un modelo de crecimiento diamétrico vs edad y más de 150 para la predicción de altura total. Se ajustó la función de crecimiento para el diámetro  $d=e^{(4,0924-3,728*\sqrt{1/Edad})}$  y para altura total el modelo ajustado fue  $Ht=2,3545*Edad-0,0570* [Edad]^2$ . Con base en el modelo de crecimiento ajustado se espera que en una cosecha final a los 20 años, se logre cosechar 125 m<sup>3</sup>/ha (N = 200 árboles). Se elaboró un flujo de caja para el cultivo de pilón, con un análisis financiero para dos escenarios 1) recursos económicos propios y 2) recursos económicos propios + pago por servicios ambientales. Ambos escenarios resultaron favorables con un costo de oportunidad del 8 y 12%, no así cuando se analizó al 18%.

Esta guía permitirá orientar al sector forestal en aspectos técnicos y financieros, para el fomento de negocios con el cultivo de madera de pilón.

## Key Words

Silvicultural guide, growth model, cash flow, financial analysis

## Abstract

Pilón (*Hieronima alchorneoides*) is one of the native tree species with the greatest potential for cultivation in Costa Rica. At a national level, there are investigations on topics such as silvicultural management, tree improvement, wood quality and others. However, there is no updated and complete technological package for this tree species. Therefore, there is a need to compile and systematize the generated knowledge in recent years about these tree species, with the purpose of improving the technical assistance to the producer or investor interested in wood production with this tree.

An investigation was carried out with a mixed approach (quantitative and qualitative) and a descriptive type. A search was made of information related to pilón cultivation in Costa Rica, using databases of indexed journals.

A database with more than 230 measurement plots was used in order to adjust a diameter growth model vs age and, more than 150 plots for predicting total height. The growth function adjusted for diameter was  $d = e^{((4.0924 - 3,728 * \sqrt{1 / \text{Age}}))}$ , meanwhile for total height the fitted model was  $Ht = 2.3545 * \text{Age} - 0.0570 * \text{Age}^2$ . Based on the growth model it was estimated that for a period of final harvest at age 20, it is possible to have a final harvest of 125 m<sup>3</sup> / ha (N = 200 trees). A cash flow for the cultivation of pilón was elaborated with two financial analysis scenarios: 1) under own economic resources and 2) under own economic resources + environmental services payment. Both scenarios are favorable under an opportunity cost of 8 and 12%, but not at the rate of an opportunity cost of 18%.

This guide will orient the forest sector in technical and financial aspects, to promote business on the cultivation of pilón wood.

## Introducción

En Costa Rica la reforestación con plantaciones forestales ha generado una gran expectativa por sus beneficios económicos y ambientales (Piotto, Montagnini, Kanninen, Ugalde, & Viquez, 2004). Las plantaciones con especies forestales nativas contribuyen a acelerar procesos de recuperación de la biodiversidad de sitios degradados (Guariguata, Rheingans, & Montagnini, 1995). Costa Rica ha dedicado un importante esfuerzo al estudio y promoción de plantaciones con especies nativas con fines productivos y de venta de servicios (Rojas & Torres, 1990), (Arnáez, Moreira, Rojas, & Torres, 1992), (Muller, 1993), (Butterfield, 1990), (Calvo, Arias, & Sibaja, 1995), (Murillo, Badilla, & Obando, 2002) y (Delgado, Montero, Murillo, & Castillo, 2003) y (Murillo, 2018).

Entre las especies forestales nativas prioritarias y con alto potencial para reforestación resalta el *Hieronyma alchorneoides* (pilón) (Calvo, Arias, & Sibaja, 1995) ya que presenta un crecimiento moderado, con una importancia económica potencial por el uso que se le ha dado a su madera en la construcción de viviendas, además de su alto valor ecológico (Nehra, y otros, 2005). El pilón ha mostrado una adaptación sobresaliente a condiciones de suelos pobres, ácidos ( $\text{pH} < 5,0$ ), arcillosos y mal drenados (Delgado, Montero, Murillo, & Castillo, 2003). Esta especie está dentro de las especies nativas consideradas como estratégicas del país (Muller, 1993), (Acuña, 1999) y (Murillo, 2018).

Para enfrentar los problemas presentados en el cultivo de la madera, se ha promovido la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías en los diferentes campos a nivel de abastecimiento seguro y certificado de material genético, establecimiento y manejo de las plantaciones y tecnología de la madera en busca de alcanzar una silvicultura de precisión que permita aumentar la productividad de la plantación.

Pese a los diferentes estudios y avances que se han logrado a través de las investigaciones más recientes en las diferentes áreas para esta especie, no existe una transferencia tecnológica a los diferentes actores involucrados en la producción de madera y en especial, a los pequeños productores de manera sistematizada y actualizada en un documento completo que facilite el fomento del cultivo de pilón en Costa Rica.

Por tanto, se presenta una guía técnica actualizada que permita orientar al productor o inversionista a tomar decisiones que favorezcan la puesta en marcha de prácticas de impacto en el aumento en la productividad del cultivo, en un lenguaje apropiado para un gran público.

## **Metodología**

### **Enfoque y tipo de investigación**

El enfoque de investigación es mixta (cuantitativo y cualitativo) y de tipo descriptivo, ya que la guía considera información existente que este publicada para la especie. Sin embargo, requirió de la actualización del modelo de crecimiento, costos de establecimiento y manejo de la plantación. La parte cualitativa del estudio corresponde a la información general de la especie, establecimiento y manejo de la plantación. La parte cuantitativa, está relacionado a la integración de la base de datos, elaboración de los modelos alométricos y estadísticos, modelo de costo, flujo de caja y los indicadores financieros. El estudio realiza una descripción de la especie en condición de plantación forestal y recomienda una silvicultura, para orientar al pequeño y mediano productor obtener madera de pilón en Costa Rica.

### **Marco espacial y temporal**

Espacialmente se consideraron todos los estudios realizados en Costa Rica. El estudio tendrá una temporalidad de 3 meses (julio-setiembre, 2018).

## **Sistematización de los objetivos**

### **a. Guía silvicultural**

Para la elaboración de la guía técnica se consideraron los siguientes pasos: 1) búsqueda de información, 2) recopilación y sistematización de la información y 3) diseño y documento de la guía.

#### **i. Búsqueda información**

La información se obtuvo de diferentes fuentes primarias y secundarias. Se utilizaron bases de datos suscritas por la Biblioteca del Instituto Tecnológico de Costa Rica (TEC) para la búsqueda de artículos científicos y notas técnicas indexadas. A continuación, se indican algunas bases de datos, que fueron empleadas: ACSESS, CAB, Ebrary, ScienceDirect, Web of Science, Scholar Google, entre otras.

También se realizaron consultas a especialistas en el campo de la docencia según especialidad. La búsqueda de información se enfocó en los temas de mejoramiento genético, establecimiento de la plantación, manejo silvicultural, proyecciones de crecimiento, aprovechamiento, costos y rendimientos de actividades silviculturales en plantaciones de pilón.

#### **ii. Recopilación y sistematización**

Se utilizó el gestor bibliográfico RefWorks para administrar cada uno de los artículos encontrados. La información se estructuró y sistematizó de acuerdo a los contenidos que serán incorporados en el diseño de la guía silvicultural.

#### **iii. Diseño y documento de la guía**

Se utilizó el programa de Microsoft Word y Excel, para generar el documento según la estructura planteada. Se elaboró una propuesta base de la guía o una primera versión. Posteriormente, el documento debe ser sometido a revisión y diseño final para la publicación en la Editorial Tecnológica del TEC.

## **b. Desarrollo de una función de crecimiento y rendimiento**

### **Datos de campo**

La información se obtuvo a partir de mediciones de parcelas provenientes de múltiples plantaciones comerciales de la especie en diferentes zonas del país: Pacífico Sur, Zona Norte y Atlántica. Para el estudio se contó con un total de 230 parcelas con edades desde los 0,4 a los 24,0 años, con diámetros a la altura de 1,30 metros desde 0,68 cm hasta 32,00 cm y alturas totales desde 0,21 m hasta 29,0 m.

Con el fin de aportar más datos a la base existente, se midieron dos ensayos genéticos ubicados en la Sede del TEC en Santa Clara. Se midió el diámetro a la altura pecho con una cinta diamétrica en centímetros y la altura comercial a partir de la cantidad de número de trozas comerciales determinadas en una longitud de 2,5 metros.

En cada parcela se registró para cada árbol, la medición del diámetro con corteza a 1,30 m del suelo (d), altura total en metros y la edad en años de la plantación. Con el fin de reducir la variabilidad entre parcelas producto de tamaños diferentes, se utilizó el valor promedio diamétrico y el promedio de altura de cada parcela, como variable para el modelo d/edad y altura/edad. Todas las parcelas se obtuvieron de plantaciones o ensayos clónales establecidos con distanciamientos de siembra inicial de 3x3 o 4x4 metros. La base de datos se unificó en una hoja Excel, donde se inspeccionaron minuciosamente para eliminar información inconsistente que pudiera afectar el ajuste posterior del modelo.

### **Modelo de crecimiento en diámetro y altura**

Con la base de datos completa y unificada se procedió con la construcción de un gráfico de d/edad y de altura total/edad, con el fin de detectar datos sesgados y verificar que la variable dependiente "d" y de "altura total", tuviese una buena

relación con respecto a la variable independiente (edad). Los datos fueron analizados en la hoja electrónica Excel mediante la opción de regresión, de donde se evaluaron de forma independiente todas las opciones de modelos (cuadro1). Los modelos propuestos fueron utilizados para estimar crecimiento diámetro/edad para plantaciones clonales de *Gmelina arborea* Roxb. ex Sm. por (Quirós, 2015) y por (Fallas, 2017) para estimar crecimiento en *Tectona grandis*.

Cuadro 1. Modelos alométricos evaluados para predecir crecimiento en diámetro y altura total

N°	Modelo para Dap (d)	Modelo para altura total
1	$d = a + b * Edad$	$Ht = a + b * Edad$
2	$d = a * Edad$	$Ht = a * Edad$
3	$d = a * Edad^b =$ $Ln (d) = Ln (a) + b * Ln (Edad)$	$Ht = a * Edad^b$ $Ln (Ht) = Ln (a) + b * Ln (Edad)$
4	$d = a + b * Edad + c * Edad^2$	$Ht = a + b * Edad + c * Edad^2$
5	$d = a * Edad + b * Edad^2$	$Ht = a * Edad + b * Edad^2$
6	$d = a + b * Log (Edad)$	$Ht = a + b * Log (Edad)$
7	$d = a * Log (Edad)$	$Ht = a * Log (Edad)$
8	$d = a * e^{b*\sqrt{1/Edad}} =$ $Ln (d) = Ln(a) + b * (\sqrt{1/Edad})$	$Ht = a * e^{b*\sqrt{1/Edad}} =$ $Ln (Ht) = Ln(a) + b * (\sqrt{1/Edad})$
9	$d = a * e^{(b*Edad)} =$ $Ln (d) = Ln(a) + b * Edad$	$Ht = a * e^{(b*Edad)} =$ $Ln (Ht) = Ln(a) + b * Edad$

Fuente: (Fallas, 2017) y (Quirós, 2015)

### Volumen comercial

Para estimar volumen en pie se utilizaron los modelos de las funciones de conicidad ajustadas por Acuña (2000) para esta especie. Donde se especifica tanto el volumen comercial y volumen total con corteza y sin corteza.

El cálculo del volumen comercial se estimó a partir de las siguientes ecuaciones:

- Volumen comercial con corteza

$$Vc (m^3) = -0,01099 + 0,0000387 * (d^2 * H)$$

- Volumen comercial sin corteza

$$Vc (m^3) = e (-11,71 + 2,293 * \ln (d) + 1,089 * \ln (H))$$

En el anexo 5, se presenta la tabla de volumen por árbol para esta especie de acuerdo a cada modelo desarrollado.

### Estadísticos de prueba

La selección del mejor modelo se realizó a través de los siguientes criterios estadísticos:

**Coefficiente de determinación ( $r^2$ ):** Indica la proporción de la variación total observada en la variable dependiente, que es explicada por el modelo utilizado (Ortiz, 1993) y (Ortiz, 2011). El coeficiente se calculó de la siguiente manera:

$$r^2 = 1 - \frac{\text{Suma de los cuadrados corregidos del error}}{\text{Suma de los cuadrados corregidos del total}}$$

$$r^2 = 1 - \frac{\sum(Y_{obs} - Y_{est})^2}{\sum(Y_{obs} - Y_{med})^2}$$

Donde:

$Y_{obs}$  = es cada uno de los valores observados de la variable dependiente

$Y_{est}$  = es cada uno de los valores de la variable dependiente estimados a través del modelo de regresión desarrollado

$Y_{med}$  = es la media aritmética de la variable dependiente

**Error estándar de la estimación ( $S_{yx}$ ):** se determinó de la siguiente manera:

$$S_{yx} = \sqrt{\left[ \frac{\text{Suma de los cuadrados corregidos de error}}{n - p} \right]}$$

$$S_{yx} = \sqrt{\left[ \frac{\sum (Y_{obs} - Y_{est})^2}{n - p} \right]}$$

Donde:

$n$  = número de observaciones incluidas en el análisis

$p$  = número de coeficientes en el modelo de regresión

**Análisis de residuos:** Se definió como un residuo ( $resd$ ) a la diferencia entre el valor observado de la variable dependiente ( $Y_{obs}$ ) y el valor estimado o predicho por el modelo de regresión ( $Y_{est}$ ) (Ortiz, 1993) y (Ortiz, 2011).

$$Residuos = Y_{observado} - Y_{estimado}$$

**Índice de ajuste ( $FI$ ):** Se utilizó para comparar la exactitud de los modelos en relación con su variable dependiente (DAP) que requirió ser transformada, mientras

que los demás modelos se expresaron en unidades reales (Ortiz, 1993) y (Ortiz, 2011). Para los modelos sin transformar  $FI = r^2$ .

$$FI = 1 - \frac{\text{Suma de los cuadrados corregidos del error}}{\text{Suma de los cuadrados corregidos del total}}$$

$$FI = 1 - \frac{\sum(Y \text{ obs} - Y \text{ e. u. r})^2}{\sum(Y \text{ obs} - Y \text{ med})^2}$$

Donde:

$Y \text{ obs}$ = son cada uno de los valores observados de la variable dependiente, expresados en unidades reales, es decir sin transformar.

$Y \text{ e. u. r}$ = son los valores de la variable dependiente, estimados a partir de modelo de regresión pero en unidades reales.

$Y \text{ med}$ = es la media aritmética de los valores observados de la variable dependiente, calculada a partir de valores sin transformar.

**Error estándar en unidades reales (Se):** Es útil para comparar los modelos que necesitaron ser transformados contra los modelos sin transformar. Para el caso de los modelos sin transformar el  $S_{yx} = Se$  (Ortiz, 1993) y (Ortiz, 2011).

$$Se = \sqrt{\left[ \frac{(Y \text{ obs} - Y \text{ e. u. r})^2}{n - p} \right]}$$

Donde:

$n$ = es el número de observaciones

$p$ = es el número de coeficientes en el modelo

**Coefficiente de variación (CV %):** expresado en unidades reales, que permitió hacer comparaciones entre modelos (Ortiz, 1993).

$$CV = \left[ \frac{Se}{Ymed} \right] * 100$$

Finalmente se graficó el modelo desarrollado (Montero, De Los Santos, & Kanninen, 2007), junto con el modelo ajustado en esta investigación, con el fin de mostrar visualmente el progreso en crecimiento e impacto de la silvicultura clonal. El modelo presentó un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) para la variable diámetro=0,69 y para la altura total de 0,83, se indican los modelos, donde la edad de la plantación es en años (Montero, De Los Santos, & Kanninen, 2007).

- Ecuación de crecimiento diámetro/edad

$$d = \exp \left[ 5,449 + \left( -\frac{4,626}{edad^2} \right) \right]$$

- Ecuación de crecimiento altura total/edad

$$H = \exp \left[ 4,387 + \left( -\frac{4,132}{edad^{0,432}} \right) \right]$$

### **Estimación del volumen de rodal**

Para estimar el volumen comercial a aprovechar mediante la extracción de madera en cada raleo y para la cosecha final, se utilizó la Hoja de Cálculo de Excel para el modelo de rendimiento desarrollado por (Murillo, 2018). En esta se considera parámetros como la densidad inicial de plantación, porcentaje de mortalidad, intensidad de cada raleo, diámetro promedio de la plantación en cada cosecha, área basal y altura comercial en función a la cantidad de trozas de 2,5 metros de longitud. En el cuadro 2, se indican los parámetros utilizados para realizar la proyección de crecimiento de volumen del rodal.

Para estimar el volumen según la edad de la plantación se estimó la altura total y el diámetro, utilizando el mejor modelo. Una vez obtenido el valor estimado, se aplicó la ecuación de volumen comercial con corteza desarrollada por Acuña (2000) para determinar el volumen del árbol individual y después, se multiplicó por la densidad esperada para la plantación, con el fin de tener el valor del volumen comercial con corteza en pie del rodal. Se utilizó la ecuación universal de volumen ( $Volumen\ comercial\ (m^3) = \frac{\pi}{4} * \frac{d^2}{100} * ht * 0,5$ ), para estimar el volumen comercial donde el modelo propuesto por Acuña (2000) no ajustaba.

Cuadro 2. Parámetros utilizados para realizar la proyección de crecimiento de volumen del rodal para un periodo de cosecha final de 20 años.

Densidad inicial= 833 árboles/ha
Porcentaje de mortalidad= 8%
Intensidad raleo= <ul style="list-style-type: none"> <li>4 años=33 %</li> <li>8 años=40%</li> <li>12 años=40%</li> </ul>
Diámetro promedio= <ul style="list-style-type: none"> <li>4 años=8,98 cm</li> <li>8 años=15,20 cm</li> <li>12 años=19,85 cm</li> <li>20 años=26,78 cm</li> </ul>
Área basal máxima (G)=30 m <sup>2</sup> /ha
Altura total= en metros en función a la cantidad de trozas con longitudes de 2,5 m

Fuente: (Murillo, 2018)

### **c. Modelo de costos e ingresos del cultivo**

#### **Rendimientos de actividades de mantenimiento y manejo**

Para la información de los rendimientos de las diferentes actividades se utilizó de referencia los valores indicados por (Murillo, y otros, 2015), que es una base de datos compilada con la colaboración de numerosas empresas en el país. Está organizada con rendimientos máximos y mínimos de cada actividad, para efectos de este estudio se utilizó el rendimiento promedio. En el anexo 6 se indica en detalle los valores de rendimiento para cada actividad.

#### **Costos (egresos)**

Para la determinación de los costos totales en los que un inversionista debe incurrir para la producción de pilón, fue necesario identificar cada actividad relacionada al cultivo y utilizando la Hoja de Cálculo "*Modelo de costos para plantaciones forestales de Costa Rica*" (Murillo, 2018b), se estimaron los costos totales de cada actividad y se detalla por año todos los gastos que se incurre en el proyecto hasta un periodo de cosecha final de 20 años.

Los costos se dividieron en cuatro componentes: mano de obra, insumos, herramientas y prestación de servicios (servicios contratados).

#### **Costos de mano de obra**

Todos los datos de rendimiento de la mano de obra necesaria en las labores del establecimiento, manejo y aprovechamiento de plantaciones están dados por jornal/hectárea.

Para el costo de la mano de obra se definió el jornal para cada tipo de recurso (peón agrícola) y se estableció el valor de un jornal con cargas sociales, de acuerdo con el criterio oficial del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica (MTSS), en el segundo semestre del 2018. Con esta misma información se obtuvo el detalle exacto de los costos de la seguridad social/laboral en el país (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución porcentual de las cargas sociales incluidas en el costo del jornal

<b>Rubro</b>	<b>Porcentaje</b>
CCSS	14,00%
IMAS	0,50%
FODESAF	5,00%
Banco Popular	0,50%
Régimen Obligatorio Pensiones Complementario	0,50%
Fondo de Capitalización Laboral	1,00%
Póliza INS (seguro de riesgos laborales)	0,83%
INA	1,50%
Prestaciones Legales (Cesantía)	8,33%
Aguinaldo	8,33%
Vacaciones	5,20%
<b>Total</b>	<b>45,69%</b>

Fuente: (Murillo, 2018b)

Adicionalmente, se incluyó el costo de la Póliza de Riesgos Laborales, el cual representa el 3% del salario con cargas sociales. En el caso del trabajador independiente, se realizó una estimación del costo y se amortizó en 20 días laborables/mes. De esta manera para un puesto de peón agrícola se debe pagar a la C.C.S.S. un monto de ₡25 647,00/mes para asegurarse como trabajador independiente.

### **Costos de insumos**

Se incluyó los insumos a utilizar para cada una de las actividades a realizar, el cual considera insumos químicos para control de plagas, fertilizantes y control de malezas, así como la adquisición de plantas para establecer la plantación.

### **Costos de herramientas**

Se incluyen las herramientas para poder ejecutar las actividades, entre ellas se consideran herramientas manuales y equipo de combustión. Para el cálculo de la depreciación de las herramientas y equipos se utilizó el método de línea recta, bajo este modelo el monto de la depreciación es el mismo durante todos los períodos de vida útil y se obtiene dividiendo el valor depreciable entre los años de vida útil.

$$\text{Depreciación} = \frac{\text{Costo} - \text{Valor recuperable}}{\text{Vida útil}}$$

### **Costos de servicios**

En este rubro se consideran costos por concepto de contratos por servicios, de alquiler de maquinaria y profesionales. Por lo general están asociados a costos de inversión muy alto para el pequeño productor y por ende, el contratarlos disminuye los costos de plantación.

### **Ingresos**

Para la estimación de los ingresos totales se consideró la venta de madera extraída por la ejecución de los raleos, a ocurrir en los años 4, 8 y 12 y de la cosecha final proyectada a los 20 años. Estas operaciones se hicieron tomando de referencia el modelo de crecimiento desarrollado y la Hoja de Cálculo en Excel, programada para estimar el rendimiento de una plantación forestal (Murillo, 2018).

Para el valor de la madera se utilizó de referencia la figura 1, desarrollado a partir de los estudios de mercados elaborado por la Oficina Nacional Forestal para el Periodo del 2007 al 2018 (ONF, 2007), (ONF, 2008), (ONF, 2009) , (ONF, 2011), (ONF, 2012), (ONF, 2013), (ONF, 2014), (ONF, 2015), (ONF, 2016), (ONF, 2017) y (ONF, 2018), el cual establece el precio de las maderas para las especies más comerciadas en Costa Rica; tanto para madera en pie, como en patio de aserradero y uso final (tarima y para aserrío).



Figura 1. Comportamiento del precio de la madera pilón en el mercado nacional para el periodo 2007-2018.

Los ingresos totales se determinaron a partir del volumen proyectado, basado en el modelo de crecimiento ( $m^3$ /hectárea), multiplicado por el valor de mercado de la madera (colones/ $m^3$ ). Para esto se consideró el potencial de utilización de cada una de las trozas comerciales del árbol (tarima o aserrío), que básicamente se fundamenta en su diámetro en la cara menor y la calidad de la troza.

En caso de que el productor optara por el Pago de Servicios ambientales, se consideraron los ingresos a recibir por este incentivo, el cual se realizan desembolsos durante los primeros 5 años de la plantación. Este ingreso, se incluye únicamente para el flujo de caja con el modelo de Pago de Servicios Ambientales.

#### **d. Flujo de caja y análisis financiero**

##### **Flujo de caja**

Para la elaboración del flujo de caja la información se tabuló en una Hoja de Cálculo de Excel de Microsoft Office y se realizó un análisis financiero. Se utilizaron precios constantes.

El flujo de caja y análisis financiero del modelo se ajustó con base en los aportes en mano de obra y otros por parte del productor.

En relación al capital de trabajo, para el análisis financiero para el cultivo de pilón se analizaron dos escenarios:

1. Recursos propios
2. Recursos propios + Pago Servicios Ambientales (PSA)

##### ***Impuestos de venta***

Para el cálculo del impuesto general de venta se utilizó una tarifa del 10% (Ministerio de Hacienda de Costa Rica, 2018) y (Ley Forestal N°7575, 1996).

##### ***Calculo de inflación***

Para la estimación de la inflación se utilizó el promedio de los últimos siete años, el cual arrojó un valor de 4,40% y se proyectó un incremento anual de un 1% durante el ciclo del proyecto. El flujo de caja durante los 20 años considera iniciar a una tasa del 4,40% y final proyectada de 6,30%. Incluir la tasa de inflación en el modelo permite evaluar el proyecto a cambios financieros que pueda sufrir el país y establecer los costos a precio corriente.

## **Análisis financiero**

El estudio financiero suministra información sobre rentabilidad de la inversión y de las pautas para la administración financiera, una vez que este sea puesto en ejecución (Alfaro, 1990). La evaluación financiera trabaja los flujos de ingresos y egresos con los precios vigentes en los mercados, el cual según el objetivo del análisis puede ajustarse para eliminar efectos de la inflación sobre dichos precios. Típicamente, se toma como criterios de selección el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el periodo de recuperación.

### **Valor Actual Neto (VAN)**

Representa la equivalencia presente de los ingresos netos futuros y presentes de un proyecto.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

### **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Es la tasa de descuento intertemporal a la cual los ingresos netos del proyecto apenas cubren las inversiones y sus costos de oportunidad. Es la tasa de interés que, utilizada en el cálculo del VAN, hace que el valor actual neto del proyecto sea igual a cero.

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = 0$$

$$VAN = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

***Índice de deseabilidad***

Expresa la rentabilidad de un proyecto en términos porcentuales o unitarios midiendo su contribución de acuerdo con la inversión del proyecto.

Con este método se alcanza la máxima eficiencia para asignar recursos ante presupuestos de capital limitados. Es decir, asegura maximizar la ganancia total ya que ordena los proyectos de acuerdo con su contribución a lo invertido.

$$\text{Índice deseabilidad} = \frac{\text{Valor presente de los flujos}}{\text{Inversión inicial}}$$

***Periodo de recuperación***

Es el tiempo de recuperación de la inversión original.

## Resultados y discusión

Cada uno de los objetivos de este trabajo se organizó por componentes y se distribuyó de la siguiente manera:

- Componente 1. Guía de cultivo para pilón
- Componente 2. Modelo de crecimiento
- Componente 3. Modelo de costos e ingresos
- Componente 4. Flujo de caja y análisis financiero

Con la finalidad de no repetir información en el informe, se entiende que los componentes 2, 3 y 4 antes indicado deben integrarse en la guía en el diseño final.

### Componente 1. Guía de cultivo para pilón

#### 1. Clasificación taxonómica

Reino: Plantae  
 División: Magnoliophyta  
 Clase: Magnoliopsida  
 Familia: Phyllanthaceae  
 Género: *Hyeronima*  
 Especie: *alchorneoides* Allemão  
 Fuente: (The Plant List, 2018)

#### 2. Nombre científico: *Hieronyma alchorneoides* Allemão

Sinónimos: *Hyeronima caribaea* Urban; *H. chocoensis* Cuatrec.; *H. ferruginea* Tul.; *H. heterotrichia* Pax & Hoffm.; *H. laxiflora* Muell. Arg.; *H. mattogrossensis* Pax & Hoffm.; *H. mollis* Muell. Arg.; *H. ovatifolia* Lundell; *Stilaginella amazonica* Tul.; *S. ferruginea* Tul.; *S. laxiflora* Tul (Montero, De Los Santos, & Kanninen, 2007)

### 3. Nombres comunes:

Ascá, ascua, plátano, zapatero y pilón, el más común en Costa Rica; chacte-cook y garay (Belice); nance, nancitón, nancito (Nicaragua); palo curtidor, palo rosa, rosa (Guatemala); pantano, pilón, zapatero (Panamá); kiahky dusa, curtidor, rosita (Honduras,); cuero, licurana dalina, tinto, morado (Flores & Obando, 2005) y (Montero, De Los Santos, & Kanninen, 2007).

### 4. Distribución natural

A nivel mundial, se distribuye desde México hasta la cuenca del Amazonas brasileño y hasta las Islas orientales (Cordero & Boshier, 2003).



Figura 2. Distribución natural de la especie de *H. alchorneoides*.

Fuente: (Cordero & Boshier, 2003).

En Costa Rica se encuentra distribuida naturalmente en los bosques lluviosos de las zonas bajas del Norte, Atlántico, Pacífico Central y Sur (ACEEFN, 1992), en alturas desde el nivel del mar hasta los 800 msnm. También la especie se adapta bien en plantaciones hasta los 1000 msnm, con rangos de precipitación 3000 a 4000 mm y temperatura anual de 20 a 28 °C (Torres & Luján, 2002).

### 5. Descripción de la especie

La especie es dioica, de tamaño mediano a grande, alcanzando dimensiones hasta 45,0 metros de altura y diámetros de 1,2 metros a la altura del pecho (DAP), fuste cilíndrico, gambas bien desarrolladas, corteza exfoliante en láminas delgadas, corteza externa parda-rojiza, fisurada, la interna presenta coloración rosada o ligeramente rojiza, contiene gran cantidad de taninos (COSEFORMA, 1999), (figuras 3 y 4).



Figura 3. Corteza de pilón en plantaciones forestales. Fuente: (ITTO, 2019)

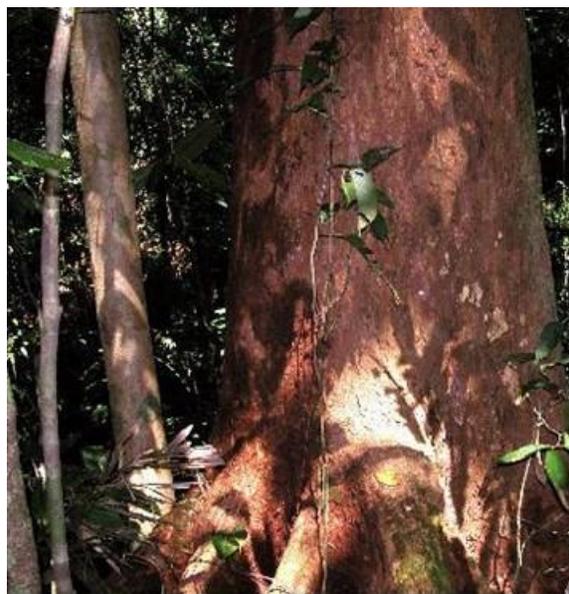


Figura 4. Fuste de pilón en árboles de bosque natural.

Tiene hojas simples alternas muy grandes, con estípulas mayores a 5,0 cm de largo al final de las ramas. Las hojas viejas se tornan rojizas-anaranjadas (figura 5) y producen un látex de color rojizo (ACEEFN, 1992).

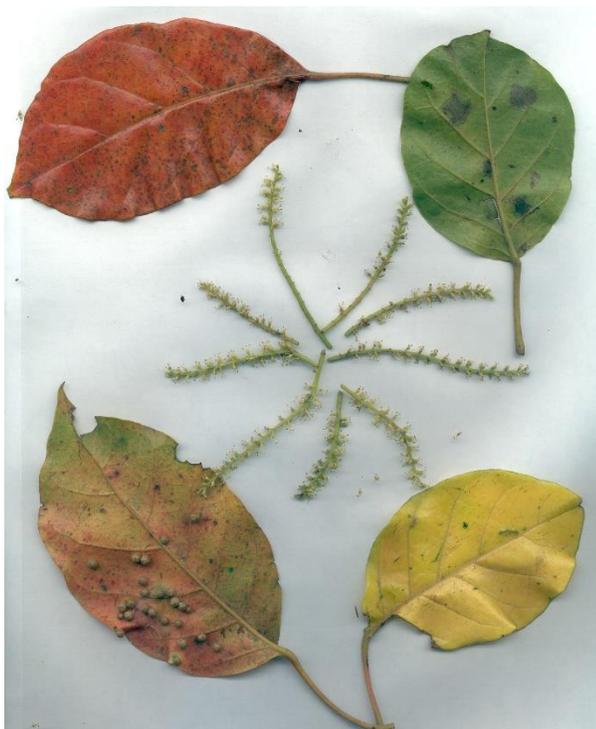


Figura 5. Coloración de las hojas de pilón.

Fuente: (La Selva Florula Digital, 2019)

Las flores blancas y verde-amarillentas en panículas axilares o racimosas (figura 6), presentan desarrollo de alguno de los dos sexos, es una especie dioica (Harmon, 2003), (Jiménez, Rojas, Rojas, & Rodríguez, 2002) y (ACEEFN, 1992). Cuando su expresión es masculina presenta cuatro anteras con un ovario supero poco desarrollado y rodeado de partes de perianto fusionado; cuando es femenina el ovario se desarrolla más, las brácteas son pequeñas y las antenas no son visibles (Solís & Moya, 2004). Las inflorescencias masculinas son más erectas que las femeninas.



Figura 6. Inflorescencia de *H. alchorneoides*.

Fuente: (STRI Data Portal Detailed Collection Record Information, 2019)

El fruto es una drupa de forma elipsoide y alcanza hasta un tamaño de 3 a 5 mm de diámetro (Jiménez, Rojas, Rojas, & Rodríguez, 2002). El fruto tiene 3 secciones (trilocular) y teóricamente puede contener hasta 6 semillas; sin embargo, con predominancia los frutos tienen un solo embrión (Figura 7).



Figura 7. Frutos de pilón. Fuente: (Panama watershed tree atlas, 2019)

La semilla presenta dos cotiledones gruesos de coloración verdusca y un extremo radicular que ocupa el centro de la semilla (Solís & Moya, 2004) y una cantidad de 1 a 5 semillas por fruto (Jiménez, Rojas, Rojas, & Rodríguez, 2002).

## 6. Fenología

Para esta especie no se puede determinar en sí un periodo exacto de floración y de fructificación y se cree que no tiene estacionalidad en la producción (Foster, 1985). Es una especie que está distribuida en diferentes zonas del país con diferentes variaciones climáticas a lo largo del año. Sin embargo, en el cuadro 4, se presenta los eventos fenológicos que se han reportado para la especie en distintas regiones de Costa Rica.

En algunos sitios ocurren dos picos de floración, uno de abril a julio y otro menor de setiembre e incluso enero. En otras zonas hay un solo pico, por ejemplo, de enero a febrero en el noreste de Costa Rica y de julio a octubre en el suroeste. Mientras, que la producción de frutos, por tanto ocurre a lo largo de un periodo extenso, de enero a abril y de agosto a octubre (Cordero & Boshier, 2003).

Cuadro 4. Evento fenológico de *H. alchorneoides* para Costa Rica.

Evento/mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<b>Hojas</b>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<b>Flores</b>	X			X	X	X			X	X	X	X
<b>Frutos</b>	X	X	X	X				X	X	X		

Fuente: (Cordero & Boshier, 2003)

Sin embargo, en la Península de Osa y Golfo Dulce (Costa Rica) reportaron árboles en floración durante los meses de febrero a abril y de setiembre a noviembre y con

frutos en diciembre a abril y de octubre a noviembre (Lobo, Aguilar, Chacón, & Fuchs, 2008).

Para otras regiones del país, no se logró encontrar investigaciones relacionada a la fenología de esta especie en Costa Rica, de tal manera que permita programar actividades de colecta de semillas para la producción de plantas en viveros, esta es una razón por la cual la reproducción vegetativa es una opción para garantizar el abastecimiento de plantas.

## **7. Características y propiedades generales de la madera**

La madera adulta de esta especie es pesada (Moya, Rodríguez, & Olivares, 2014), con un peso específico básico de 0,60 y una densidad entre 0,63 g/cm<sup>3</sup> (CATIE, 1997) y 0,79 g/cm<sup>3</sup> (Jiménez, Rojas, Rojas, & Rodríguez, 2002). La madera tiene un color pardo rojizo, donde la albura es más clara que el duramen. Es fácil de trabajar y relativamente resistente. Se considera como moderadamente resistente a la pudrición y un poco difícil de preservar (Solís & Moya, 2004).

En madera de plantaciones, presentan pesos específicos de 0,50 a 0,55 (Montero, De Los Santos, & Kanninen, 2007). La madera de Pílon tiene una alta resistencia al ataque de taladradores marinos, pero moderadamente durable cuando está en contacto con el suelo. Presenta baja estabilidad dimensional con tendencia a doblarse y a rajarse.

### **a. Descripción de la madera**

En madera de plantación de 10 años, ya se aprecia la presencia de duramen, de color rojizo, con una marcada diferencia con la albura que es de color rosado claro (Figura 8).



Figura 8. Madera de duramen de pilón.

Fuente: (TIMBER RESOURCE MANAGEMENT, 2019)

La madera tiene ausencia de veteado, textura fina a media, de olor agradables, sabor imperceptible, brillo moderado, tipo de grano, entrecruzado, anillos de crecimiento poco definidos (Moya, Rodriguez, & Olivares, 2014) y (Moya, Leandro, & Murillo, 2009). En el cuadro 5, se presenta algunas propiedades de la madera de pilón proveniente de plantaciones a una edad de 12 años.

Cuadro 5. Características de los árboles y propiedades de la madera de pilón provenientes de plantación a los 12 años de edad, a una densidad de 332 árboles/hectáreas en Costa Rica (N = 9).

<b>Propiedad de la madera</b>	<b>Valor</b>	<b>Desviación estándar</b>
Duramen (%)	8,50	58,10
Médula (%)	0,33	39,10
Corteza (%)	13,80	18,30
Gravedad específica (%)	0,49	11,60
Contenido humedad inicial (%)	116,00	13,70
Densidad verde (%)	1,08	3,90

Contracción radial (%)	3,60	20,40
Contracción tangencial (%)	5,50	19,90
Contracción volumétrica (%)	12,30	8,70
Tasa de contracción (%)	1,60	23,80

Fuente: (Tenorio, Moya, Salas, & Berrocal, 2016) y (Moya, Leandro, & Murillo, 2009)

### b. Propiedades mecánicas

La madera de plantación normalmente presenta propiedades mecánicas inferiores a los árboles de bosque natural. Sin embargo, estudios realizados en el Centro de Investigaciones de Ingeniería en Maderas (CIIM, 1983), reportaron valores similares. En el cuadro 6, se puede observar las propiedades mecánicas de la madera de pilón provenientes de plantaciones forestales.

Cuadro 6. Valores promedio de propiedades mecánicas en madera de pilón al 12% de humedad (N=18) en Costa Rica.

Propiedades mecánicas		Valor	Desviación estándar
Compresión de fuerza (MPa)	Paralelo	42,70	19,90
	Perpendicular	34,48	21,60
Fuerza de tensión perpendicular a fibra (MPa)	Tangencial	5,50	29,10
	Radial	3,30	43,90
Fuerza de tensión (MPa)	Paralelo	76,30	24,80
Flexión estática (MPa)	MOE	10424,00	17,40
	MOR	109,90	12,50

Resistencia a la cizalladura paralelo a la fibra (MPa)	Tangencial	15,60	10,30
	Radial	12,00	13,70
Fuerza de clivaje (MPa)	Tangencial	0,7	31,40
	Radial	0,6	15,60
Dureza de Janca (Kg)	Axial	630	17,40
	Lateral	588	109,50
Fuerza de extracción de clavos (kg)	Axial	64	13,60
	Lateral	91	19,40

Fuente: (Tenorio, Moya, Salas, & Berrocal, 2016)

### c. Durabilidad natural

La durabilidad de la madera se refiere a la resistencia que presenta al ataque biológico, que puede ser por el ataque de hongos o insectos.

**Madera en contacto con el suelo:** Cuando se han realizados los raleos en las plantaciones forestales y se han dejado los árboles ahí porque estos no se han podido aprovechar, se tiene que la degradación no es tan acelerada como ocurre con otras especies, indicando con ello que probablemente la madera posee una resistencia de moderada a baja durabilidad natural.

**Sin contacto con el suelo y al medio ambiente:** Hasta el momento no se tienen registro de ello.

**Condiciones bajo techo:** No existe la experiencia en la actualidad.

**Medio marino:** No se tiene registro (Solís & Moya, 2004)

## 8. Uso de la madera

La madera adulta de pilón es utilizada en construcciones, tanto en interiores como en exteriores, puentes, pisos, carrocerías, soportes, postes, barriles para sólidos, durmientes de ferrocarril, barcos y construcciones marinas (Carpio, 1999). Para pilotes de fundación de edificios, horcones, vigas, estacas. La capacidad de encolado con cola blanca es excelente si la madera está bien seca, tiene ciertas limitaciones para la fabricación de muebles y gabinetes, paneles decorativos, cajas y embalajes y tornería (Montero, De Los Santos, & Kanninen, 2007).

Los taninos de la especie se utilizan en la preparación de tintes y curtido de cueros (Jiménez, Rojas, Rojas, & Rodríguez, 2002). En Guayana se usa la cocción de la corteza como jarabe para la tos. El aceite que se extrae de las semillas parece tener propiedades como medicamento contra las lombrices en humanos. Es también una fuente de alimento para pájaros y animales del bosque que consumen sus frutos (Montero, De Los Santos, & Kanninen, 2007) y (Harmon, 2003).

## 9. Establecimiento de plantaciones

### 9.1. Selección de germoplasma

Pilón es una especie dioica y recalcitrante (pierde su capacidad de germinación a los pocos días después de la cosecha) y además no tiene un periodo claro de producción de semilla. La semilla es atacada por una avispa *Eurytoma* sp, esta larva se alimenta del embrión causando el daño y también, es depredada por aves. El problema de la disponibilidad de semilla también, se le suma la pérdida de fruto por acción del viento. Todo esto dificulta su colecta en campo y posterior reproducción en vivero (Abdelnour, Aguilar, & Valverde, 2011). Para la colecta de semillas en campo se recomienda colocar una manta o malla bajo la copa del árbol (Castañeda, 1994) y (Flores, 1993).

La germinación es epigea (Flores, 1993) y baja sino se aplica algún tratamiento pre germinativo, (González, 1991) reporto una germinación de un 56%, iniciando la germinación a los 25 días y finaliza a los 60 días. Otros autores reportan un porcentaje de germinación de un 80% y el inicio de la germinación tarda entre 25 a 30 días (COSEFORMA, 1999) y (Flores, 1993).

Considerando las limitaciones que tiene la producción de plantas a partir de semilla, se recomienda recurrir al uso de clones comerciales certificados. El ITCR, a través del Programa de Mejoramiento Genético, seleccionó un población élite que ha sido reproducida y evaluada vegetativamente con resultados prometedores para la producción de material de calidad en plantación (Alvarado, 2016) y (Solís & Moya, 2004). Lo que garantiza la cantidad y disponibilidad de plantas en cualquier periodo del año para establecer la plantación. A partir de la evaluación de un ensayo clonal de pilón de 4 años ubicado en Santa Clara (Zona Norte), se proyecta a esa edad, que seleccionando los mejores 10 clones de los 19 evaluados en el ensayo se puede reducir el cultivo en 0,7 años, en volumen comercial se obtuvo una ganancia genética de 10,8 % y el valor de la plantación aumentará en un 13,1% si se utilizan los mejores 10 genotipos (Alvarado, 2016).

Para la adquisición de plantas clonadas se recomienda contactar a algunos viveros que disponen de material certificado y validado mediante ensayos genéticos.

## ***9.2. Selección del sitio para plantar***

Pilón se adapta a suelos con pH ácidos y pobres, sitios anegados periódicamente de textura arcillosa. Así también suelos de baja fertilidad y tolera suelos pedregosos. La especie crece bien en la mayoría de los sitios donde se ha plantado. Las diferencias en crecimiento y productividad se deben principalmente a la calidad del mantenimiento y al manejo que se aplica a la plantación. La especie tiene un mejor

comportamiento en terrenos con topografía de tipo convexo respecto a terrenos de topografía cóncava (COSEFORMA, 1999).

### ***9.3. Densidad de plantación***

Tradicionalmente, las plantaciones se establecen a una densidad de 1111 árboles/hectárea (distanciamiento 3x3 m). Sin embargo, con el uso de material genético mejorado se puede establecer plantaciones con densidades menores para reducir costos de establecimiento. Se recomienda densidades de 833 árboles/ha (distanciamiento 4x3 m), aplicando pocos raleos, de esta manera se reduce la inversión en este tipo de actividad y se espera a que los diámetros de los individuos sean mayores para asegurar un mejor mercado. Incluso se puede utilizar espaciamentos de hasta 4x5 m, pensando en minimizar costos y permite asociarse con cultivos agrícolas durante los primeros años, con los respectivos beneficios económicos a corto plazo.

### ***9.4. Técnicas de plantación***

Se recomienda utilizar un espaciamiento amplio, como 3 x 4m (833 árboles/ha) o también, 4 x 4m (625 árboles/ha), con el fin de poder trabajar introducir maquinaria y hacer más efectiva la plantación.

### ***9.5. Preparación del sitio***

La actividad de preparación de sitio de plantación es muy importante ya que la planta al principio necesita condiciones óptimas de crecimiento, debido al período de estrés por el cambio de vivero a campo. Por ello se recomienda preparar mecánicamente el terreno para favorecer el establecimiento e inicio de crecimiento de las plantas. Esta práctica puede también reducir la mortalidad inicial en la plantación. La preparación del terreno en zonas muy lluviosas, requiere la conformación de camellones para un mejor control del exceso de agua.

Al momento de preparar el terreno se recomienda encalar para neutralizar la acidez del suelo ( $\text{pH} < 5,5$ ), que son comunes en las regiones lluviosas del país, desde el caribe, zona norte y hasta todo el Pacífico sur. Si el terreno se prepara en franjas, el encalado se aplica en las líneas de siembra que equivalen aproximadamente a una cuarta parte ( $1/4$ ) de la hectárea (25 franjas de 100 m/ha). Previo a ejecutar las enmiendas se recomienda realizar un análisis de suelo para determinar la dosis y el tipo de cal. Si a partir del estudio de suelo, sugiere aplicar 4 toneladas/ha en todo el terreno sobre la línea de siembra se debe aplicar solamente 1 tonelada o 20 sacos de 50 kilos cada uno. Sin embargo, si la dosis requerida es mayor a 1 ton/ha, se debe realizar de forma fraccionada. La cal dolomítica es preferible por su contenido de magnesio, sin embargo, es más cara que la cal convencional.

Es recomendable aplicar un herbicida pre emergente unas dos a tres semanas después de preparar el terreno, con el propósito de mantener el terreno limpio al establecimiento el mayor tiempo posible.

## **10. Mantenimiento**

El mantenimiento de una plantación se clasifica en dos áreas: mantenimiento del árbol individual y mantenimiento del área plantada.

### ***10.1. Mantenimiento del árbol individual***

Para el mantenimiento del árbol individual se considera el control de arvenses, la fertilización, prevención contra agentes bióticos y abióticos, podas y raleos.

#### ***10.1.1. Control de arvenses***

El control de malezas es sin duda la actividad más importante durante los dos a tres primeros años de la plantación. Sin embargo, el pión crece muy lentamente al inicio,

lo que obliga a un control manual de malezas durante los primeros 6 a 9 meses, donde se debe mantener limpio una rodaja de un radio de un metro alrededor de cada planta, con una frecuencia de cada 2 meses para garantizar mantener siempre una rodaja limpia alrededor del árbol (Montero, De Los Santos, & Kanninen, 2007). Se busca con esto que las gramíneas y malezas de hoja ancha, no impidan su crecimiento o causen malformaciones en las ramas o fustes. Si se presenta el bejuco, el control de maleza debe ser más frecuente. Una vez que las plantas superen un metro de altura, se puede continuar con el control químico en la línea o banda de plantación, en una frecuencia de cada dos a tres meses, dependiendo del tipo de maleza. Debe recordarse que, por lo general, el control de la gramínea es mucho más importante que la maleza de hoja ancha, con excepción del bejuco. La maleza puede reducir el crecimiento potencial hasta en más de un 30%, por lo que su impacto es económicamente importante. Los primeros tres años son los que se puede considerar como críticos, donde se espera que la plantación debe lograr cerrar el dosel superior. A partir de este momento, el control de malezas se reduce a una aplicación anual generalizada, que se acostumbra al inicio del periodo lluvioso. En particular, después de la ejecución de cada raleo.

#### **10.1.1.2 Fertilización**

La fertilización debe estar fundamentada en un análisis de suelo, que determine las necesidades nutricionales de la plantación. Debe recordarse que la aplicación de fertilizantes es recomendable al menos un mes posterior al encalado. Una buena práctica consiste en fraccionar la fertilización en dos aplicaciones, una al establecimiento de la plantación (aproximadamente 50 g/planta con una fórmula alta en fósforo y nitrógeno) y otra aplicación a 4 meses posterior a la siembra de los árboles (alta en nitrógeno).

No hay experiencia nacional sobre la aplicación continua de fertilizantes en plantaciones forestales, en años posteriores al primer año de plantación. Futuras investigaciones podrían determinar su conveniencia.

#### **10.1.1.3. Prevención contra agentes bióticos y abióticos**

Se considera que una planta es atacada por agentes bióticos (plagas o enfermedades), cuando esta se encuentra débil, ya sea por estrés hídrico, deficiencia de nutrientes, competencia. Por lo que se recomienda manejar el estado nutricional de las plantas, corregir la acidez del suelo, construir drenajes del suelo cuando corresponda, así como el control oportuno de malezas.

El otro elemento importante es la aplicación de podas y raleos oportunos, con el fin de reducir la competencia y el estrés asociado. La no aplicación de raleos provoca un aumento del área basal que continúa hasta llegar a la capacidad de carga del sitio. Una plantación no soporta muchos árboles gruesos juntos. En estas condiciones, la competencia por agua, luz y recursos del suelo irá en aumento. Los individuos más débiles pierden crecimiento y van quedando suprimidos. Si las condiciones de alta densidad persisten, los árboles pueden llegar a morir o lo que se conoce como el auto raleo. En estas condiciones todos los árboles de la plantación pierden crecimiento, aún los más vigorosos. Los patógenos oportunistas de los árboles, como los Fusarium en el suelo, pueden hacer su aparición en estas condiciones y provocar la aparición de enfermedades.

#### **10.1.1.4. Insectos y enfermedades**

Para Costa Rica se tienen reportado 74 especies de insectos asociados a esta especie (cuadro 7), de los cuales el 87% atacan al follaje y el restante afecta semilla, madera y frutos. Mientras que se tienen reportados nueve patógenos.

Cuadro 7. Insectos y enfermedades reportados como asociados a plantaciones de pilón en Costa Rica

N°	Insectos	Genero	Orden	Daño
1	<i>Acaria sp.</i>	<i>Limacodidae</i>	Lepidóptero	Follaje
2	<i>Allocalaspis sp.</i>	<i>Chysomelidae</i>	Coleóptero	Follaje
3	<i>Ancyluris jurgensenii</i>	<i>Ridionidae</i>	Lepidóptero	Follaje
4	<i>Ancyluris sp.</i>	<i>Ridionidae</i>	Lepidóptero	Follaje
5	<i>Astraples sp.</i>	<i>Hesperidae</i>	Lepidóptero	Follaje
6	<i>Atta cephalotes</i>	<i>Formicidae</i>	Hymenoptera	Follaje
7	<i>Atta sp.</i>	<i>Formicidae</i>	Hymenoptera	Follaje
8	<i>Automeris sp.</i>	<i>Saturniidae</i>	Lepidoptero	Follaje
9	<i>Baleja rufofasciata</i>	<i>Cicadellidae</i>	Homóptera	Follaje
10	<i>Brachypnoea sp.</i>	<i>Chysomelidae</i>	Coleóptero	Follaje
11	<i>Cathara abrupta</i>	<i>Pyralidae</i>	Lepidóptero	Follaje
12	<i>Coptocycla rufonotata</i>	<i>Chysomelidae</i>	Coleóptero	Follaje
13	<i>Discentria violacens</i>	<i>Nodontodidae</i>	Lepidóptero	Lepidóptero
14	<i>Dysgonia purpurata</i>	<i>Noctuidae</i>	Lepidóptero	Lepidóptero
15	<i>Dysodia sp.</i>	<i>Thyrididae</i>	Lepidóptero	Lepidóptero
16	<i>Eacles imperialis decoris</i>	<i>Saturniidae</i>	Lepidóptero	Lepidóptero
17	<i>Emesis mandana</i>	<i>Riodinidae</i>	Lepidóptero	Lepidóptero
18	<i>Eucereon sp.</i>	<i>Arctiidae</i>	Lepidóptero	Lepidóptero
19	<i>Euglyphis nebula</i>	<i>Lasiocampidae</i>	Lepidóptero	Lepidóptero
20	<i>Exophthalmus sp.</i>	<i>Curculianidae</i>	Coleóptero	Follaje
21	<i>Exophthalmus jekelianus</i>	<i>Curculianidae</i>	Coleóptero	Follaje
22	<i>Hylesia alinda</i>	<i>Saturniidae</i>	Lepidóptero	Follaje
23	<i>Hylesia sp.</i>	<i>Saturniidae</i>	Lepidóptero	Follaje
24	<i>Hylesia continua</i>	<i>Saturniidae</i>	Lepidóptero	Follaje
25	<i>Magalopyge albicollis</i>	<i>Megalopygidae</i>	Lepidóptero	Follaje
26	<i>Melese sp.</i>	<i>Arctiidae</i>	Lepidóptero	Follaje
27	<i>Natada sp.</i>	<i>Limacodidae</i>	Lepidóptero	Follaje
28	<i>Neocalymnia ca.obconica</i>	<i>Noctuidae</i>	Lepidóptero	Follaje
29	<i>Nesara casada</i>	<i>Lasiocampidae</i>	Lepidóptero	Follaje
30	<i>Oiketicus kirbyi</i>	<i>Psychidae</i>	Lepidóptero	Follaje
31	<i>Omophoita sp.</i>	<i>Chysomelidae</i>	Coleóptero	Follaje
32	<i>Oxidia sp.</i>	<i>Geometridae</i>	Lepidóptero	Follaje

<b>N°</b>	<b>Insectos</b>	<b>Genero</b>	<b>Orden</b>	<b>Daño</b>
33	<i>Paracraga argentea</i>	<i>Dalceridae</i>	Lepidóptero	Follaje
34	<i>Parasa sp.</i>	<i>Limacodidae</i>	Lepidóptero	Follaje
35	<i>Periphoba arcaei</i>	<i>Saturniidae</i>	Lepidóptero	Follaje
36	<i>Phobetron hipparchia</i>	<i>Limacodidae</i>	Lepidóptero	Follaje
37	<i>Phobetron pithecium</i>	<i>Limacodidae</i>	Lepidóptero	Follaje
38	<i>Pseudoplusia includens</i>	<i>Noctuidae</i>	Lepidóptero	Follaje
39	<i>Rhetus sp.</i>	<i>Lycaenidae</i>	Lepidóptero	Follaje
40	<i>Rothschildia lebeau</i>	<i>Saturniidae</i>	Lepidóptero	Follaje
41	<i>Schizura centralis</i>	<i>Notodontidae</i>	Lepidóptero	Follaje
42	<i>Sibine stimulea</i>	<i>Limacodidae</i>	Lepidóptero	Follaje
43	<i>Selenotrips rubrocintus</i>	<i>Thripidae</i>	Thys	Follaje
44	<i>Spodoptera sp.</i>	<i>Noctuidae</i>	Lepidóptero	Follaje
45	<i>Taeniopoda sp.</i>	<i>Romaleideae</i>	Saltatoria	Follaje
46	<i>Tallula sp.</i>	<i>Pyrilidae</i>	Lepidóptero	Follaje
47	<i>Tarchon sp.</i>	<i>Lymantriidae</i>	Lepidóptero	Follaje
48	<i>Thentas hemon</i>	<i>Lycaenidae</i>	Lepidóptero	Follaje
49	<i>Trigona sp.</i>	<i>Apidae</i>	Hymenoptera	Follaje
50	Sp. no id.	<i>Eurytomidae</i>	Diptero	Semilla
51	Sp. no id.	<i>Crambidae</i>	Lepidóptero	Madera
52	Sp. no id.	<i>Geometridae</i>	Lepidóptero	Follaje
53	Sp. no id.	<i>Hesperidae</i>	Lepidóptero	Follaje
54	Sp. no id.	<i>Riodinidae</i>	Lepidóptero	Follaje
55	Sp. no id.	<i>Oecophoridae</i>	Lepidóptero	Follaje
56	Sp. no id.	<i>Arctiidae</i>	Lepidóptero	Follaje
57	Sp. no id.	<i>Anobiidae</i>	Coleóptero	Follaje
58	Sp. no id.	<i>Ateyrodidae</i>	Homóptero	Follaje
59	Sp. no id.	<i>Cerambycidae</i>	Coleóptero	Madera
60	Sp. no id.	<i>Chrysomelidae</i>	Coleóptero	Follaje
61	Sp. no id.	<i>Cixiidae</i>	Homóptero	Follaje
62	Sp. no id.	<i>Curculionidae</i>	Coleóptero	Follaje
63	Sp. no id.	<i>Erotylidae</i>	Coleóptero	Follaje
64	Sp. no id.	<i>Eurytomidae</i>	Hymenoptera	Semilla
65	Sp. no id.	<i>Lampyridae</i>	Coleóptero	Follaje
66	Sp. no id.	<i>Noctuidae</i>	Lepidóptero	Follaje
67	Sp. no id.	<i>Nogodinidae</i>	Homóptero	Follaje

<b>N°</b>	<b>Insectos</b>	<b>Genero</b>	<b>Orden</b>	<b>Daño</b>
68	Sp. no id.	<i>Redunidae</i>	Hemiptera	Ramillas
69	Sp. no id.	<i>Tortricidae</i>	Lepidóptero	Follaje
70	<i>Tetranychus sp.</i>	<i>Tetranychidae</i>	Tetranychidae	Follaje
71	<i>Phyllophaga sp.</i>	<i>Scarabaeidae</i>	Coleóptero	Raíz
72	Sp. no id.	<i>Cerambycidae</i>	Coleóptero	Madera
73	<i>Pantophthalmus sp.</i>	<i>Pantophthalmidae</i>	Díptera	Madera
74	<i>Eurytoma sp.</i>	<i>Eurytomidae</i>	Hymenoptera	Frutos
	<b>Patógenos</b>			
1	<i>Cylindrocladium sp.</i>			Raíz
2	<i>Cystingophora hieronymi</i>			Follaje
3	<i>Glomerella sp.</i>			Follaje
4	<i>Penicillium sp.</i>			Semilla
5	<i>Pestalotia sp.</i>			Semilla
6	<i>Pestalotia sp.</i>			Follaje
7	<i>Rhizopus sp.</i>			Semilla
8	<i>Robillarda sp.</i>			Follaje
9	<i>Trametes versicolor</i>			Madera

Fuente: (Arguedas, Chaverri, & Quirós, 1995), (Arguedas, 2007),  
(Arguedas, Rodríguez, & Martínez, 2015) y (Arguedas & Rodríguez, 2016)

Dada la cantidad de insectos y enfermedades reportados es importante establecer un programa de monitoreo permanente en las plantaciones, con el fin de prevenir problemas mayores que conlleven a daños económicos.

## **10.2. Manejo**

Parte importante del mantenimiento del árbol se refiere al manejo de la densidad o competencia en plantación, así como en la aplicación temprana de podas.

### **10.2.1. Podas**

Esta actividad se realiza con el fin de producir a futuro madera libre de nudos, por lo que se recomienda su aplicación lo más temprano posible, en una programación que irá año con año eliminando las ramas desde la primera troza hasta lograr limpiar las primeras tres trozas completas, en el cuadro 8 se presenta un programa de poda para la plantación. En los primeros 6 meses se recomienda revisar la necesidad de iniciar con una poda de formación, que consiste en corregir la presencia temprana de bifurcaciones o aparición de ejes múltiples, causados por daños por insectos u otros factores. Se busca también suprimir las ramas laterales que puedan presentar un crecimiento excesivo en detrimento de la dominancia del fuste principal. En este caso se acostumbra realizar un despunte de las ramas laterales. En Sarapiquí fue necesario realizar la poda de formación en una plantación entre los 9 y 12 meses de edad, con el propósito de eliminar únicamente las bifurcaciones (Espinoza & Butterfield, 1989).

La primera poda comercial o poda baja, se realiza para limpiar de ramas la primera troza comercial de 2,5 m de largo. Su aplicación dependerá de si el árbol ya alcanzó al menos 6 m de altura total, para evitar podar más de un 50% de la copa viva y evitar una afectación en el crecimiento del árbol. Por lo general esta poda podrá ocurrir entre 1,5 y 2 años de edad. La poda media o eliminación de ramas de la segunda troza (5 m de fuste) se realiza cuando el árbol haya superado los 8 m de altura total, que podría ocurrir aproximadamente a los 3 años de edad. Finalmente, la poda alta o de la tercera troza comercial (7,5 m de fuste) se realiza cuando el árbol supere los 11-12 m de altura total, que ocurrirá aproximadamente a los 4 años de edad. Se tienen reportes donde ha sido necesario aplicar dos podas antes de los tres años de edad.

La poda baja se puede realizar con un tijerón, serrucho curvo o rabo de zorro, con el cuidado de lograr eliminar la rama por completo y al haz en el fuste. El personal de campo es oportuno que esté debidamente capacitado en el uso de las

herramientas, para no causar heridas al árbol. Se recomienda aplicar un sellador en la herida para prevenir problemas de ataque de insectos o ingreso de patógenos. En el caso de presencia de enfermedades, es necesario que la herramienta se desinfecte después de podar cada árbol. Esta poda se aplica a todos los árboles de la plantación.

La mejor época del año para realizar la poda es a inicio o al final del periodo lluvioso, ya que disminuye las actividades fisiológicas de los árboles. Se logra también, una mejor cicatrización de las heridas en el fuste y evita que al caer las lluvias no se conviertan en focos de infección.

La poda media y alta se debe realizar solamente en árboles meta de la plantación. Por lo general es necesario cambiar la herramienta por una podadora de extensión. Se acostumbra amarrar un rabo de zorro al extremo de una vara larga (“tubo” de 3-4 m), para poder alcanzar los 5,0 y 7,5 m de altura de fuste (Solís & Moya, 2004).

Cuadro 8. Programa de podas sugerido en plantaciones de pilón en Costa Rica.

<b>Tipo de poda</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Años 5-8</b>
Deshija	X	X	X		
Poda de formación (cada 4 meses)	X	X			
Poda Rama gruesa		X	X		
Poda Baja (Troza 1, hasta 2,5m)	X	X			
Poda Media (Troza 2, hasta 5m)			X		
Poda Alta (Troza 3, hasta 7,5m)				X	
Eliminación del rebrote persistente					X

Como regla general para cualquier tipo de poda, no debe eliminar más de un 50% de la copa viva, de lo contrario podría provocarse una disminución considerable en el crecimiento del árbol.

#### Poda baja:

La primera poda se realiza a los dos años de edad, como máximo al año tres, esto dependerá si el árbol ya ha alcanzado al menos 5 m de altura total. Esta poda elimina todas las ramas hasta los primeros 2,5 m del tronco, con el cuidado de no sobrepasar un 50% de la altura total de la copa viva. La poda baja a veces se acostumbra realizarla en dos etapas: A finales del primer año y hasta una altura de 1,5 m aproximadamente, y luego al año siguiente, se continúa hasta completar la primera troza o 2,5 m de altura. Esta práctica se acostumbra en especies que ramifican muy abajo en el tronco y dificultan las labores de control de malezas.

La poda baja se realiza a todos los árboles en pie en la plantación, con excepción de árboles con defectos evidentes que indiquen claramente su eliminación temprana en el primer raleo, por ejemplo, árboles bifurcados a muy baja altura o con más de un eje, severamente torcidos, enfermos, de muy poca altura o diámetro, o cualquier otro defecto que a criterio y sin duda nos indique que el árbol será eliminado pronto.

#### Poda media:

La poda media tiene como objetivo la producción a futuro de madera libre de nudos, esto implica que el costo de realizar esta poda deberá ser compensado a futuro con un mejor precio en la venta de la madera. Si el mercado mantiene un mismo precio por la madera futura con y sin nudos, no tiene justificación su ejecución. Sin embargo, puede haber otros criterios que justifiquen realizar esta poda aun cuando el mercado no reconozca el costo en el precio de la madera.

Se realiza aproximadamente en el año 3, donde se eliminan las ramas hasta una altura de 5m. La decisión de postergar al año 4 dependerá de la altura total del árbol,

que deberá haber superado los 10 m. Esta es una poda selectiva que debe ejecutarse preferiblemente en los mejores 300 a 400 árboles de la plantación (árboles meta), que son los que llegarán a la cosecha final.

#### Poda alta:

La poda alta consiste en la eliminación de las ramas hasta una altura de 7,5 m del tronco. La decisión de si se realiza al año 4 ó 5 dependerá de la altura total del árbol, que deberá haber superado los 15 m. Su costo es mayor al de las otras podas, el número de árboles podados por jornal es menor, por tanto, debe aplicarse exclusivamente en los mejores 300 árboles de la plantación o de cosecha final.

Al igual que todos los demás tipos de poda, su objetivo es la producción a futuro de madera libre de nudos. Con mayor razón debe analizarse si se justifica su realización debido al costo mayor que tiene. Esto implica que el costo de realizar esta poda deberá ser compensado a futuro con un mejor precio en la venta de la madera. Si el mercado mantiene un mismo precio por la madera futura con y sin nudos, no tiene justificación su ejecución. Sin embargo, puede haber otros criterios que justifiquen realizar esta poda aun cuando el mercado no reconozca el costo en el precio de la madera.

### **10.2.2. Raleos**

Una densidad de 833 árboles/ha (3 x 4 m) suele ser apropiada para la especie. En plantaciones de *H. alchorneoides*, el primer raleo en sitios de alta productividad se realiza en el cuarto o quinto año de edad, mientras que el segundo raleo a los 8 o 9 años, dependiendo del comportamiento del crecimiento y la competencia. Para las regiones Brunca y Pacífico Central, se ha propuesto que el primer raleo para Pilón se realice alrededor de los 5 años (Torres & Luján, 2002). La intensidad del primer raleo suele ser de un 50% (Solís & Moya, 2004), que disminuye el número de

árboles a aproximadamente 400/ha. Mientras que los raleos siguientes oscilan entre un 33 y un 45%. Después del segundo raleo el número de árboles puede quedar en 250 individuos/ha.

Un tercer raleo podría realizarse a los 12 años de edad, donde se dejan aproximadamente 150 a 175 individuos remanentes para la cosecha final, que podría planearse entre los 18 y 20 años de edad, dependiendo del comportamiento del crecimiento de los árboles, o que hayan superado los 35 cm de diámetro.

Si se utiliza el método del Área Basal con un  $G_{\text{máximo}} = 30 \text{ m}^2$ , se debe mantener la plantación en el intervalo de un 40 % a un 75% del  $G_{\text{máximo}}$ , que corresponde con 12  $\text{m}^2$  a 22  $\text{m}^2$ .

El momento oportuno para ejecutar el raleo es durante los meses de menor precipitación. En el cuadro 9 se presenta un programa de raleo para la plantación.

Cuadro 9. Programa de raleo sugerido en plantaciones de pilón en Costa Rica.

Raleo	Intensidad (%)	Densidad inicial (árboles/ha)	Densidad final (árboles/ha)	Año 4	Año 8	Año 12
I raleo	50	833	400	X		
II raleo	33	400	250		X	
III raleo	45	250	150			X

### 10.2.3. Manejo de rebrotes

La especie por lo general presenta un fuste recto y pocas bifurcaciones; y se debe evitar el crecimiento de ejes múltiples antes de los 6 meses. Posterior al raleo, presenta una alta capacidad de rebrote en los tocones y debe evaluarse (Solís & Moya, 2004).

#### ***10.2.4. Mantenimiento del área plantada***

Para el mantenimiento del área plantada se considera los caminos, brechas corta fuego, drenajes, establecimiento y mantenimiento de cercas.

#### ***10.2.5. Caminos***

El valor de terreno depende de muchos factores entre ellos los caminos, estas deben ser suficientes para evitar problemas al sacar el producto, también se consideran para ejecutar las actividades como fertilización, control de maleza, podas, etc. Además, pueden funcionar como brechas corta fuego para evitar incendios masivos y en su caso controlarla.

#### ***10.2.5. Brechas corta fuego***

Estas son franjas desprovistas de vegetación que se limpian hasta llegar al suelo mineral, se debe considerar un ancho de al menos 3 metros dependiendo de la pendiente del lugar y la vegetación. Sin embargo, a pesar de que la mayoría de las plantaciones de pilón están en sitios de alta humedad, no se deben descuidar cuando en los alrededores se localizan propiedades con actividad agrícola, donde se acostumbre a prácticas de quema de vegetación como mecanismo para preparar terreno.

#### ***10.2.6. Drenajes***

En algunas áreas donde la precipitación provoca inundaciones, es necesario planificar una red de drenaje para evitar la mortalidad de las plantas por pudrición de raíces que no logran respirar, desarrollo de enfermedades, entre otras cosas, en particular en sitios muy planos.

### **10.2.7. Cercas**

La cerca se establece con el fin de evitar el acceso de animales en la plantación, por tanto, se requiere solamente en los sectores que colinden con vías públicas o fincas vecinas, donde tengan animales y se requieren tener antes de establecer la plantación.

Estas pueden ser como cerca viva o cerca muerta, pero debe recordarse que es una actividad muy costosa. Por lo general, la cerca viva es menos costosa, con una vida útil que puede alcanzar hasta los 10 años. Requiere de un buen mantenimiento, desde el remplazo de postes hasta del alambre.

## Componente 2. Crecimiento en diámetro, altura total y volumen del rodal

### *Crecimiento en diámetro*

Los cuadros 10 y 11, muestran la distribución de la base de datos (231 parcelas de mediciones de campo) utilizadas para el ajuste del mejor modelo para la función  $d/edad$ , para plantaciones de pilón en Costa Rica. En el cuadro 10 las parcelas fueron organizadas en clases diamétricas con intervalos de 5 cm, con valores del diámetro medio, desde 0,81 cm hasta 31,97 cm. En el cuadro 11 las parcelas fueron organizadas en clases de edad, con intervalos de 5 años y con valores desde 1 año hasta los 23,96 años.

Cuadro 10. Distribución por clase diamétrica de las parcelas muestreadas en tres regiones de Costa Rica para el ajuste del modelo  $d/edad$  en plantaciones de pilón en Costa Rica.

Región	Clase diamétrica (cm)							Total general
	< 5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	30-35	
Vertiente Caribe	5	8	7	12	11	11	1	55
Zona Norte	18	29	35	50	32	4	1	169
Pacífico Sur	3	2	1	1				7
<b>Total general</b>	<b>26</b>	<b>39</b>	<b>43</b>	<b>63</b>	<b>43</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>231</b>

Fuente: Base de datos

Cuadro 11. Distribución por edad de las parcelas muestreadas en tres regiones de Costa Rica, para el ajuste del modelo de crecimiento d/edad en plantación.

Región	Edad (años)					Total general
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	
Vertiente Caribe	14	13	23	5		55
Zona Norte	58	52	52	6	1	169
Zona Sur	5	2				7
<b>Total general</b>	<b>77</b>	<b>67</b>	<b>75</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>231</b>

Fuente: Base de datos

La relación existente entre la variable dependiente (diámetro promedio por parcela) y la independiente (edad), se muestra en la figura 9 junto con la función con el mejor ajuste.

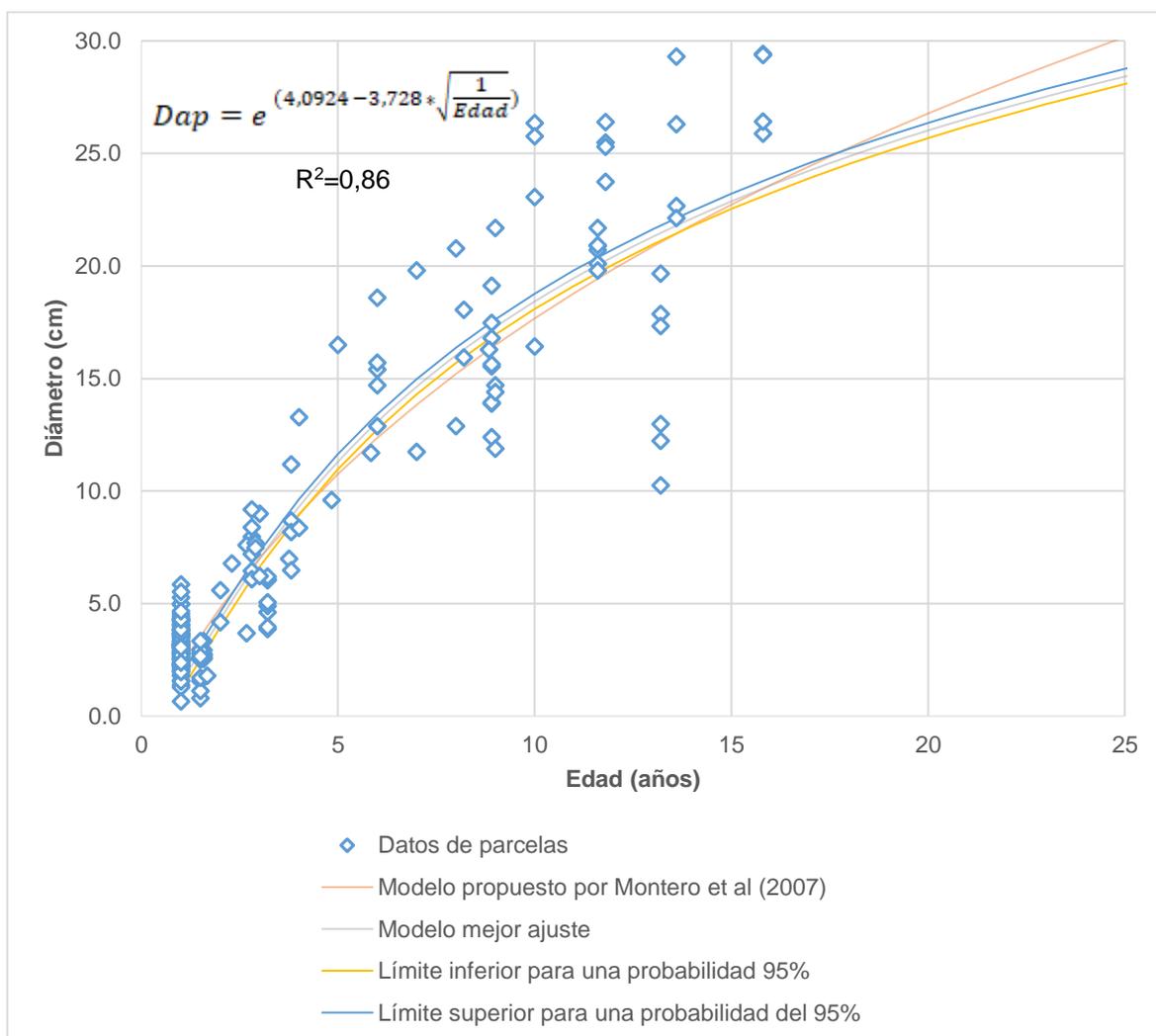


Figura 9. Modelo de mejor ajuste para la relación diámetro vs edad, en plantaciones de pilón en Costa Rica.

Los modelos generados a partir del análisis de regresión se muestran en el cuadro 12, junto con sus respectivos estadísticos. Los modelos 4, 5, 6, 7 y 8 obtuvieron el mayor índice de ajuste (FI), el menor error estándar en unidades reales y menor coeficiente de variación, así como una buena distribución de residuos. El modelo 8 fue escogido como el mejor, ya que, al graficar la curva generada sobre los datos reales es la que mejor se ajusta. Este modelo exponencial (No 8) presentó también el menor error estándar de todos los evaluados. En el anexo 2, se presentan todas las curvas de crecimiento diámetro-edad para los modelos investigados.

Cuadro 12. Modelos evaluados para el ajuste de curvas de crecimiento  $d$  vs edad con sus respectivos estadísticos, para plantaciones de pilón en Costa Rica.

<b>N</b> <b>o</b>	<b>Modelos evaluados</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>S<sub>yx</sub></b>	<b>S<sub>e</sub></b>	<b>FI</b>	<b>CV(%)</b>
1	$d = 3,8976 + 1,3587 * Edad$	0,76	3,45	3,45	0,76	23,39
2	$d = 1,7279 * Edad$	0,94	3,94	3,94	0,94	26,68
3	$d = 0,9171 + e (-0,8586 * Edad)$	0,82	0,28	3,52	0,75	23,90
4	$d = 0,9595 + 2,3284 * Edad - 0,0572 * Edad^2$	0,79	3,21	3,21	0,79	21,77
5	$d = 2,5477 * Edad - 0,0678 * Edad^2$	0,96	3,22	3,22	0,96	21,83
6	$d = -1,5053 + 20,1102 * Log (Edad)$	0,81	3,10	3,10	0,81	21,01
7	$d = 18,4943 * Log (Edad)$	0,96	3,14	3,14	0,96	21,28
8	$d = e^{(4,0924 - 3,728 * \sqrt{\frac{1}{Edad}})}$	0,86	0,25	3,12	0,80	21,13
9	$d = 1,5366 + e^{(0,1224 * Edad)}$	0,64	0,40	5,87	0,31	39,78

Para cada uno de los modelos se comprobó los supuestos: los residuos son normales para una probabilidad del 95% mediante el test de Shapiro–Wilk y las varianzas son homogéneas (anexo 1).

### ***Crecimiento altura total***

Los cuadros 13 y 14, muestran la distribución de la base de datos de las 130 parcelas utilizadas para el ajuste del modelo elegido para la función altura total /edad para plantaciones de pilón en Costa Rica. En el cuadro 13, las parcelas fueron organizadas en clases de altura total con intervalos de 5 m, con valores desde los 0,21 m hasta los 29,00 m. En el cuadro 14, las parcelas fueron organizadas en clases de edad, con intervalos de 5 años y con valores desde 0,42 hasta los 15,8 años.

Cuadro 13. Distribución por clase de altura total de las parcelas muestreadas en tres regiones de Costa Rica, para el ajuste del modelo de crecimiento en altura total en plantaciones de pilón en Costa Rica.

Región	Clases de altura total (metros)						Total general
	0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	25-30	
Vertiente Caribe	10	17	10	23	10	6	76
Zona Norte	38	4	2	2			46
Pacífico Sur	3	1	3		1		8
<b>Total general</b>	<b>51</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>25</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>130</b>

Fuente: Base de datos

Cuadro 14. Distribución por edad (años) de las parcelas muestreadas en tres regiones de Costa Rica, para el ajuste del modelo de crecimiento en altura total en plantaciones de pilón en Costa Rica.

Región	Clases de edad (años)				Total general
	0-5	5-10	10-15	15-20	
Vertiente Caribe	27	20	24	5	76
Zona Norte	42	4			46
Pacífico Sur	5	3			8
<b>Total general</b>	<b>74</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>5</b>	<b>130</b>

Fuente: Base de datos

La relación existente entre la variable dependiente (altura total promedio por parcela) y la independiente (edad) se muestra en la figura 10, así como la ecuación que presentó el mejor ajuste.

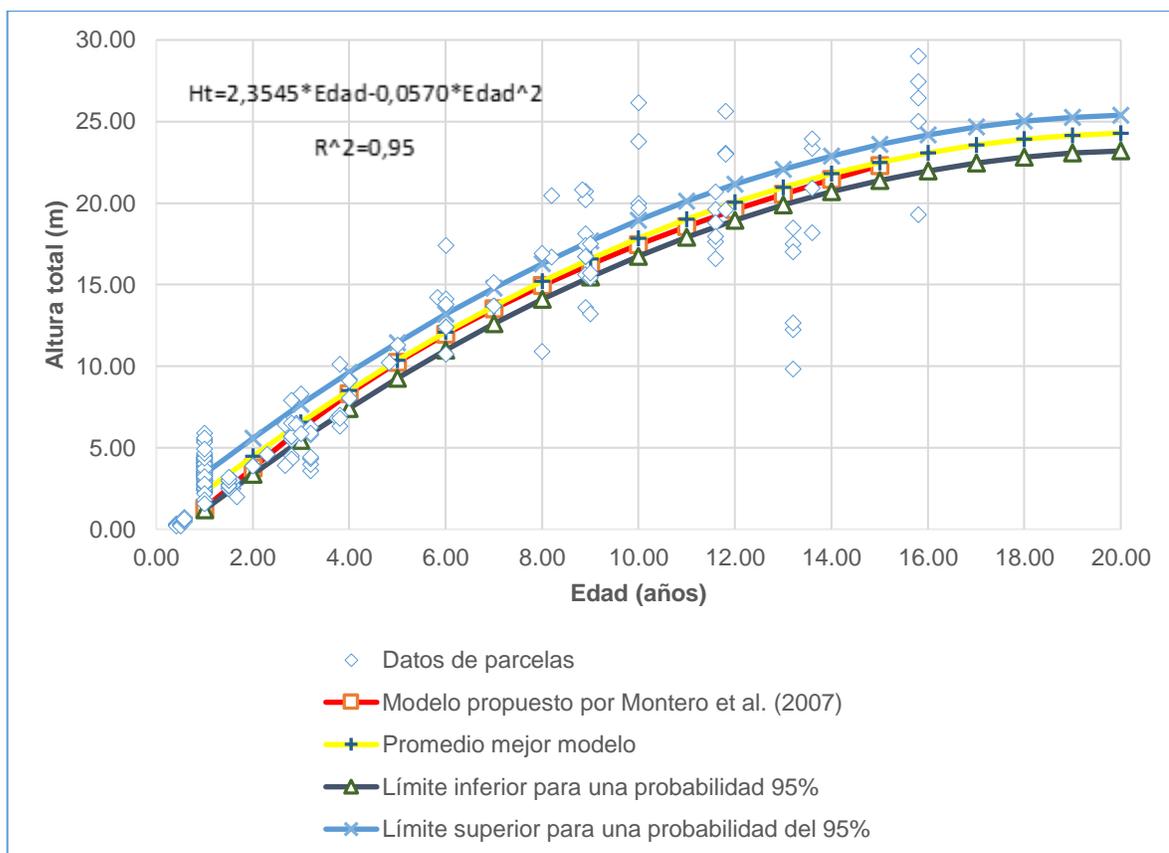


Figura 10. Modelo de mejor ajuste para la relación altura total vs edad en plantaciones de pilón en Costa Rica.

Los modelos generados a partir del análisis de regresión se muestran en el cuadro 15, junto con sus respectivos estadísticos. Los modelos 4 y 5 obtuvieron el mayor índice de ajuste (FI), el menor error estándar en unidades reales y menor coeficiente de variación, así como una buena distribución de residuos. El modelo 5 fue escogido como el mejor, ya que, al graficar la curva generada sobre los datos reales, fue el que mejor se ajustó a los datos. En el anexo 4, se presenta cada una de las curvas de crecimiento de los modelos evaluados.

Cuadro 15. Modelos evaluados para el ajuste de curvas de crecimiento altura total vs edad con sus respectivos estadísticos, para plantaciones de pilón en Costa Rica.

<b>N</b> <b>°</b>	<b>Modelos evaluados</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>S<sub>yx</sub></b>	<b>S<sub>e</sub></b>	<b>FI</b>	<b>CV (%)</b>
1	$Ht = 0,9214 + 1,6051 * Edad$	0,86	2,92	2,92	0,86	29,62
2	$Ht = 1,7025 * Edad$	0,94	2,97	2,97	0,94	30,10
3	$Ht = 0,2175 + e (1,1960 * Edad)$	0,93	0,36	0,36	0,93	3,65
4	$Ht = -1,1865 + 2,7250 * Edad - 0,0785 * Edad^2$	0,89	2,58	2,58	0,89	26,10
5	$Ht = 2,3545 * Edad - 0,0570 * Edad^2$	0,95	2,63	2,63	0,95	26,59
6	$Ht = 1,5953 + 15,3214 * Log (Edad)$	0,81	3,43	3,43	0,81	34,80
7	$Ht = 16,9232 * Log (Edad)$	0,92	3,58	3,58	0,92	36,28
8	$Ht = e^{(3,9330 - 3,5507 * \sqrt{\frac{1}{Edad}})}$	0,96	0,24	8,08	0,88	81,99
9	$Ht = 0,4071 + e^{(0,2329 * Edad)}$	0,64	0,81	8,07	-0,27	81,99

Para cada uno de los modelos se comprobó los supuestos: los residuos son normales para una probabilidad del 95% mediante el test de Shapiro–Wilk y las varianzas son homogéneas (anexo 3).

### **Proyección volumen rodal**

A partir de los modelos de crecimiento en diámetro y altura total se indica el rendimiento esperado de la plantación hasta los 20 años (cuadro 16), como edad propuesta de cosecha y/o periodo del proyecto definido en este estudio.

Cuadro 16. Proyección de volumen comercial con corteza (m<sup>3</sup>/ha) a partir del crecimiento en diámetro y altura total esperados para una plantación de pilón en Costa Rica.

Edad (años)	Dap medio (cm)	Altura total media (m)	Relación d/H	Volumen total/árbol (m <sup>3</sup> )	g (m <sup>2</sup> /árbol)	Densidad (árboles/hectárea)	G (m <sup>2</sup> /ha)	Volumen total (m <sup>3</sup> /ha)
1	1,44	2,30	0,63	0,0002	0,0002	833	0,14	0,156
2	4,29	4,48	0,96	0,0032	0,0014	750	1,08	2,428
3	6,96	6,55	1,06	0,0125	0,0038	750	2,85	9,345
4	9,28	8,51	1,09	0,017	0,0068	560	3,77	16,059
5	11,30	10,35	1,09	0,040	0,010	560	5,60	22,42
6	13,07	12,08	1,08	0,069	0,013	560	7,48	38,42
7	14,63	13,69	1,07	0,102	0,017	560	9,38	57,17
8	16,03	15,19	1,06	0,140	0,020	335	6,76	46,90
9	17,28	16,57	1,04	0,181	0,023	335	7,86	60,50
10	18,42	17,85	1,03	0,223	0,027	335	8,92	74,83
11	19,46	19,00	1,02	0,268	0,030	335	9,96	89,61
12	20,41	20,05	1,02	0,312	0,033	200	6,58	62,77
13	21,29	20,98	1,02	0,357	0,036	200	7,15	71,78
14	22,11	21,79	1,01	0,401	0,038	200	7,71	80,66
15	22,87	22,49	1,02	0,444	0,041	200	8,25	89,30
16	23,58	23,08	1,02	0,486	0,044	200	8,77	97,61
17	24,25	23,55	1,03	0,525	0,046	200	9,28	105,49
18	24,87	23,91	1,04	0,561	0,049	200	9,76	112,85
19	25,46	24,16	1,05	0,595	0,051	200	10,23	119,61
20	26,02	24,29	1,07	0,625	0,053	200	10,68	125,70

Fuente: Elaboración propia adaptado y actualizado (Murillo, y otros, 2015)

### Componente 3. Costos e ingresos

#### **Costos de plantación**

El modelo de costo desarrollado en este trabajo, está diseñado para el pequeño y mediano productor, por ende, no considera costos que requieran una alta inversión como lo son construcción de infraestructura, planillas salariales, gastos administrativos entre otros.

#### **Costo de mano de obra**

En el cuadro 17, se indica el costo de mano de obra para un peón agrícola, profesional forestal y técnico requerido para la formulación del proyecto. El costo de la regencia forestal, será por servicios profesionales.

Cuadro 17. Costos de mano de obra con cargas sociales utilizados para cada tipo de puesto.

Puesto	Unidad	Costo sin cargas sociales	Costo cargas sociales	Costo con póliza de riesgo	Seguro trabajador Independiente	Costo Total
Peón agrícola	Jornal	₡9321,97	₡3915,22	₡397,12	₡1282,35	₡14 916,66
Técnico	Mensual	₡400000,00	₡182760,00	₡17482,80		₡600 242,80
Profesional forestal	Mensual	₡597349,03	₡272928,77	₡26108,33		₡896 386,13

Fuente: (Murillo, 2018b)

#### **Costos de insumos**

En cuadro 18 presenta el costo de los insumos utilizados para el establecimiento y mantenimiento de la plantación.

Cuadro 18. Costos de insumos para el establecimiento y manejo de la plantación forestal

Producto	Unidad	Cantidad	Precio	Dosis Recomendada	Frecuencia /año	Costo/ha
Fertilizante (10-30-10)	Saco de 46k	1	₡13 600	50 g/planta = 1 saco	2	₡27 200
Herbicida Sistémico Glifosato	Litro	1	₡3 850	2,5 L / Estañón = 1 Ha	3-4 veces /año 1 y 2	₡15 400
Herbicida Preemergente (Oxiflurofén)	Litro	1	₡9 360	1 L/Estañón REVISAR		₡9 360
Herbicida Triclopyr (arbustiva, leñosa)	Litro	1		0,5 litro/ha		₡5 300
Cal	saco 50k	1	₡2 000	2000 a 4000k/ha	Año 1, Año 3	₡2 000
Cal + Dolomita	saco 50k	10	₡5 500	2001 a 4000k/ha	Año 1, Año 3	₡55 000
Adherente (pega), 1 litro/estañón, 5 cc/bomba	Litro	1	₡19 000	100 cc/Bomba = 1 Ha		₡1 900
Insecticida	Litro	1				₡4 000
Bayfolán (foliar)	Litro	4	₡10 000			₡40 000
Control de hormiga	Kilo	1	₡2 500			₡2 500
Plantas	planta	833	₡225			₡187 425

Fuente: (Murillo, 2018b)

### Costos de servicios

En el cuadro 19, se indican todos los costos de servicios que deben ser contratados, entre ellos el alquiler de equipo y maquinaria; y servicios profesionales asociado a la regencia forestal, este costo se utilizará únicamente en el flujo de caja cuando el proyecto recibe el Pago por Servicios Ambientales.

Cuadro 19. Costos de servicios para el establecimiento y manejo de la plantación forestal

Servicio	Costos/ha
Subsolado del terreno (1 hora tractor/ha)	₡35,000.00
Rastreado (2 veces, 1,5 hora tractor)	₡105,000.00
Lomillado del terreno (0,5 hora tractor)	₡17,500.00
Contrato de regencia forestal (1 hora/profesional/visita) o el 18% del PSA	₡25,000.00 ₡203,163.48

Fuente: (Murillo, y otros, 2015) y (CIAGRO, 2018)

En el cuadro 20, se presenta un resumen de los costos distribuidos en mano de obra, insumos, herramientas y por servicios, para establecer y dar mantenimiento a una hectárea de plantación.

Cuadro 20. Distribución del costo total para un pequeño y mediano productor por hectárea para establecer y mantener una plantación de pilón en Costa Rica.

Año	Rubro	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Año 0	Formulación del proyecto	₡7 688			₡45 000	₡52 688
	Preparación y establecimiento de la plantación	₡213 410	₡283 883	₡69 920	₡157 500	₡724 713
Año 1	Mantenimiento	₡229 648	₡84 890	₡350 000		₡767 841
	Regencia Forestal PSA				₡103 303	
Año 2	Mantenimiento	₡109 654	₡44 791	₡3 500		₡199 266
	Regencia Forestal PSA				₡41 321	
Año 3	Mantenimiento	₡100 678	₡74 810	₡0		₡206 479
	Regencia Forestal PSA				₡30 991	
Año 4	Mantenimiento	₡105 234	₡25 029	₡300 000		₡450 924
	Regencia Forestal PSA				₡20 661	
Año 5	Mantenimiento	₡31 216	₡12 581	₡0		₡50 684

Año	Rubro	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
	Regencia Forestal PSA				€6 887	
Año 6	Mantenimiento	€18 500	€4 335	€0	€0	€22 835
Año 7	Mantenimiento	€15 794	€3 251	€0	€0	€19 045
Año 8	Mantenimiento	€80 442	€11 764	€0	€0	€92 206
Año 9	Mantenimiento	€12 527	€3 033	€0	€0	€15 560
Año 10	Mantenimiento	€12 327	€7 843	€0	€0	€20 169
Año 11	Mantenimiento	€8 831	€1 491	€0	€0	€10 322
Año 12	Mantenimiento	€59 997	€5 005	€0	€0	€65 002
Año 13	Mantenimiento	€8 598	€1 491	€0	€0	€10 089
Año 14	Mantenimiento	€10 882	€2 168	€0	€0	€13 049
Año 15	Mantenimiento	€41 808	€1 491	€0	€0	€43 299
Año 16	Mantenimiento	€10 024	€2 168	€0	€0	€12 191
Año 17	Mantenimiento	€6 332	€1 491	€0	€0	€7 824
Año 18	Mantenimiento	€6 332	€1 491	€0	€0	€7 824
Año 19	Mantenimiento	€6 332	€1 491	€0	€0	€7 824
Año 20	Mantenimiento	€38 733	€4 040	€0	€0	€77 773
<b>Costo total</b>		<b>€1 134 987</b>	<b>€578 536</b>	<b>€723 420</b>	<b>€405 663</b>	<b>€2 877 607</b>

Fuente: Anexo 6.

## Ingreso

### Ingresos por venta de madera en troza

En la Figura 11 se presenta el volumen comercial y los ingresos esperados por concepto de la venta de la madera en troza extraída de los raleos y cosecha final.

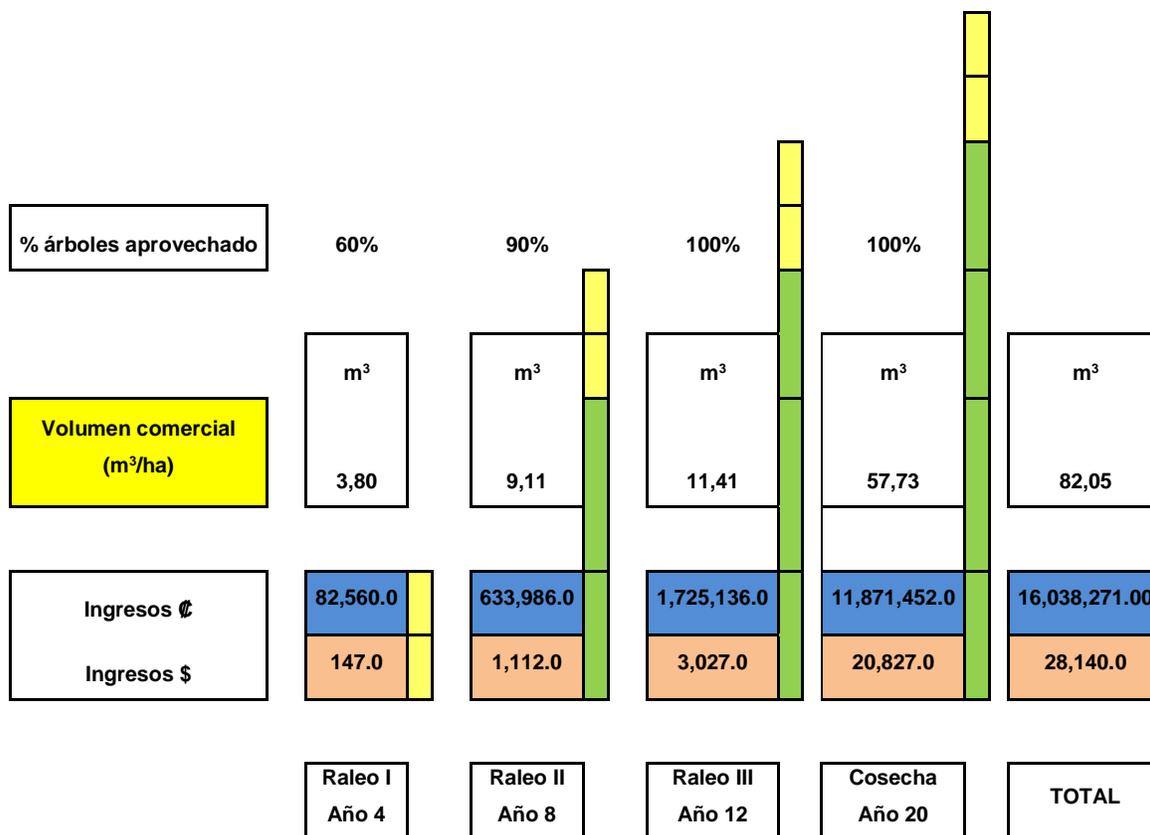


Figura 11. Modelo de rendimiento y de distribución de ingresos en el manejo de una plantación de pilón en Costa Rica

Fuente: (Murillo, 2018).

En la figura 11 se muestra la madera obtenida del primer raleo a los 4 años, que se destina básicamente para tarima, del cual se puede extraer 2 trozas por árbol y se aprovecha solamente un 60% de los árboles raleados. El restante de los individuos no se comercializa debido a su bajo diámetro. En el segundo raleo se estima aprovechar el 90% de los árboles, de los que se obtienen dos trozas comerciales

para aserrío y otras dos trozas para el mercado de tarima. En el tercer raleo se aprovecha el 100% de los individuos, de los cuales se destinan 3 trozas para aserrío y una para tarima. Mientras que, en la cosecha final, se destinan 4 trozas para aserrío y 2 trozas para tarima.

#### Ingresos recibidos por pago de servicios ambientales (PSA)

Los proyectos de reforestación que logren recibir ingresos por el Pago de Servicio Ambiental (PSA) en la modalidad de reforestación con especies nativas en el cuadro 21, se indica la distribución de los desembolsos por año. El monto del PSA a pagar por cada modalidad varía cada año y es autorizado mediante decreto. Dado que el pílón es una especie nativa, se recomienda la modalidad de reforestación con especies nativas. La vigencia de contrato con el FONAFIFO es de 16 años y no es limitante para la cosecha final, ya que el aprovechamiento de la plantación se proyecta hasta el año 20.

Cuadro 21. Distribución de los desembolsos del PSA al productor por parte del FONAFIFO

Modalidad de PSA 2018	Distribución del desembolso por año (€/ha)					Monto total
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Reforestación con especies nativas	€573,908.0	€229,563.0	€172,172.0	€114,782.0	€38,261.0	€1,147,816.0

Fuente: (ONF, 2018a).

#### **Componente 4. Flujo de caja y análisis financiero**

A continuación, se presentan dos flujos de caja, en uno se establece un modelo de reforestación donde el productor cuenta con los recursos económicos para realizar la inversión y el segundo modelo, donde el productor recibe ingreso por el Pago de Servicios Ambientales (PSA) mediante los mecanismos de FONAFIFO.

En los cuadros 23 y 24, se presentan el flujo de caja para el proyecto de pilón, en los gastos se incluyen todas las salidas de dinero o capital para el establecimiento y mantenimiento de la plantación. En cuanto a los ingresos, hay dos fuentes: la venta de madera y el PSA. El saldo anual de caja, muestra la diferencia entre gastos y los ingresos durante cada año (Ladrach, 2010).

En el cuadro 22, se presenta los indicadores financieros para cada uno de los escenarios, evaluados a diferentes costos de oportunidad (al 8%, 12 y 18% respectivamente).

Cuadro 22. Indicadores financieros obtenidos para diferentes costos de oportunidad y escenario de inversión, para establecer una plantación de pilón en Costa Rica. Donde VAN=Valor Actual Neto, ID = Índice deseabilidad y TIR=Tasa Interna de Retorno.

Escenario	Indicador financiero	Costo de oportunidad		
		8%	12%	18%
Recursos económicos propios	VAN	₡1,968,318.00	₡100,385.00	₡1,043,047.00
	ID	3,53	1,13	-0,34
	TIR	12%	12%	12%
	Periodo de Recuperación (años)	20	20	20
Recursos económicos propios + PSA	VAN	₡2,795,941.00	₡873,110.00	-₡340,688.00
	ID	4,60	2,12	0,56
	TIR	16%	16%	16%
	Periodo de Recuperación (años)	20	20	20

En los dos escenarios, se demuestra que el valor actual neto de la actividad productiva de pilón es mayor que cero, lo que indica que la actividad es rentable

bajo las condiciones del estudio. No obstante, evaluando el proyecto a un costo de oportunidad del 18%, el proyecto no es viable, aun así se está comparando con un costo de oportunidad muy alto para este tipo de inversiones, ya que para proyectos de reforestación en teca se evalúan a una tasa de descuento entre 6-10% (Sage, Kent, & Morales, 2013).

La tasa interna de retorno registró valores entre 12% y 16%, que mejoró al tener ingresos adicionales para el proyecto por el PSA. En teca este indicador varía entre 10% y 18,8% (Sage, Kent, & Morales, 2013). Un estudio realizado para teca en Parrita (Pacífico central) arrojó valores de TIR de 9,25%, 10,88% y de 12,84% para sitios bajo, medio y buenos respectivamente (González, 2001) a una tasa de actualización del 12% y un turno de cosecha de 20 años.

Los ingresos económicos producto del PSA mejoran los indicadores financieros del proyecto, y por ende fueron más favorables.





RUBRO	AÑO																				
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
INGRESOS		€573 908	€239 893	€180 092	€206 617	€60 146	€0	€0	€666 320	€0	€0	€0	€1 820 019	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€0	€17 048 682
GASTOS		€871 144	€251 414	€248 393	€493 750	€63 943	€23 954	€19 997	€96 909	€16 369	€21 238	€10 880	€68 577	€10 654	€13 793	€45 810	€12 911	€8 293	€8 301	€8 309	€82 673
UTILIDAD BRUTA		-€297 236	-€11 520	-€68 301	-€287 133	-€3 797	-€23 954	-€19 997	€569 411	-€16 369	-€21 238	-€10 880	€1 751 442	-€10 654	-€13 793	-€45 810	-€12 911	-€8 293	-€8 301	-€8 309	€16 966 009
DEPRECIACIÓN		€0	€140 000	€140 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000						
UTILIDAD CONTABLE		-€297 236	-€151 520	-€208 301	-€547 133	-€263 797	-€283 954	-€279 997	€309 411	-€276 369	-€281 238	-€270 880	€1 491 442	-€270 654	-€273 793	-€305 810	-€272 911	-€268 293	-€268 301	-€268 309	€16 706 009
IMPUESTOS (10%)									€30 941				€149 144								€1 670 601
UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS		-€297 236	-€151 520	-€208 301	-€547 133	-€263 797	-€283 954	-€279 997	€278 470	-€276 369	-€281 238	-€270 880	€1 342 297	-€270 654	-€273 793	-€305 810	-€272 911	-€268 293	-€268 301	-€268 309	€15 035 408
DEPRECIACIÓN		€0	€140 000	€140 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000	€260 000						
FLUJO NETO EFECTIVO	-€777 401	-€297 236	-€11 520	-€68 301	-€287 133	-€3 797	-€23 954	-€19 997	€538 470	-€16 369	-€21 238	-€10 880	€1 602 297	-€10 654	-€13 793	-€45 810	-€12 911	-€8 293	-€8 301	-€8 309	€15 295 408
FLUJO NETO ACUMULADO	-€777 401	-€297 236	-€11 520	-€68 301	-€287 133	-€3 797	-€23 954	-€19 997	€538 470	-€16 369	-€21 238	-€10 880	€1 602 297	-€10 654	-€13 793	-€45 810	-€12 911	-€8 293	-€8 301	-€8 309	€15 295 408

## Capítulo 4.

### Conclusiones

- Se presenta una guía técnica para el cultivo de madera de pilón, la cual incorporo las investigaciones y experiencias más recientes de esta especie en plantaciones en Costa Rica en los campos de biología de la especie, establecimiento y manejo de la plantación, crecimiento en función a la edad, modelo de costos y análisis financiero, la guía permite orientar al pequeño y mediano productor para la toma de decisiones del cultivo con el fin de obtener mejores resultados.
- El mejor modelo para estimar el crecimiento dimétrico-edad de la plantación fue  $d = e^{(4,0924 - 3,728 * \sqrt{\frac{1}{Edad}})}$  y para la altura total-edad fue  $Ht = 2,3545 * Edad - 0,0570 * Edad^2$ . Con los modelos descritos, el productor a partir de la edad de la plantación puede estimar el crecimiento en el diámetro y altura total que debe tener la plantación, por tanto, puede utilizarse como parámetro de referencia para monitorear el crecimiento y tomar decisiones que favorezca el desarrollo de los árboles. Los modelos propuestos son más sencillos de utilizar respecto a los modelos desarrollados por Montero, De Los Santos, & Kanninen en el año 2007 y presentaron mejores coeficientes de determinación.
- Se desarrolló un modelo de costos para el cultivo de pilón, para el cual considero los rendimientos promedios de cada una de las actividades y el requerimiento de recursos y utilizó de referencia el monto establecido para cada puesto con cargas sociales para definir el costo del jornal. Este costo se definió para cada una de las actividades de establecimiento y mantenimiento de la plantación hasta un turno de cosecha final de 20 años. Se requiere invertir ₡2,877,607.00/ hectárea cultivada, de los cuales

aproximadamente el 51% de la inversión se dan en los primeros dos años, en labores de establecimiento y es cuando el mantenimiento es más intensivo con el fin de asegurar el existo de la plantación

- Se desarrolló un flujo de caja para un proyecto de reforestación con pilón a precios corrientes. Los dos escenarios evaluados, con recursos económicos propio y con recursos propios + pago de servicios ambientales, fueron atractivos a un costo de oportunidad del 8% y 12%, con un valor actualizado neto de ₡1,968,318.00 y ₡100,385.00 respectivamente. Sin embargo, a un costo de oportunidad del 18% el proyecto no es atractivo. En ambos escenarios, la recuperación de la inversión se logra hasta en la cosecha final de la madera (año 20). Los indicadores mejoraron sensiblemente cuando el proyecto recibió ingresos por Pagos de Servicios Ambientales, este ingreso permite amortizar una gran parte de los gastos del proyecto durante los primeros 5 años de establecimiento y mantenimiento de la plantación.

## **Recomendaciones**

- En futuros trabajos se deberá incluir parcelas preferiblemente de más de 15 años de edad, con categorías diamétricas superiores a los 25 cm y de nuevos sitios de medición. Ya que para la zona sur existen una cantidad pequeña de parcela y no tiene datos de plantaciones con edades mayores a 10 años. La incorporación de una mayor cantidad de parcelas mejorara la representatividad de los datos para el país.
- Se debe validar el modelo de crecimiento de diámetro-edad y altura total-edad propuesto en este estudio, para el cual se requiere incluir nuevos datos de parcelas diferentes al utilizado en el modelo para garantizar un buen desempeño de los modelos propuestos.

- Para un productor grande, se deben considerar otros costos de inversión de infraestructura y administrativos, que no fueron analizados en la estructura de costo, ya que este estudio está adaptado a pequeños y medianos productores. Para lo cual el modelo propuesto puede servir de referencia y se debería actualizar los costos según requerimiento del inversor.
- En estudios futuros se recomienda realizar un análisis de sensibilidad incluyendo los siguientes factores: una disminución en la producción de la madera, cambio en los precios de venta de la madera, el valor de la tierra, costos de oportunidad, cambio en tasa de inflación, cambios en los costos de plantación y de manejo. Se sugiere que también, se valore la promoción de los sistemas agroforestales, con el fin de aprovechar mejor el espacio y generar ingresos económicos a menor plazo.

## **Anexos**

**Anexo 1. Distribución de residuos para los modelos evaluados de crecimiento d/edad**

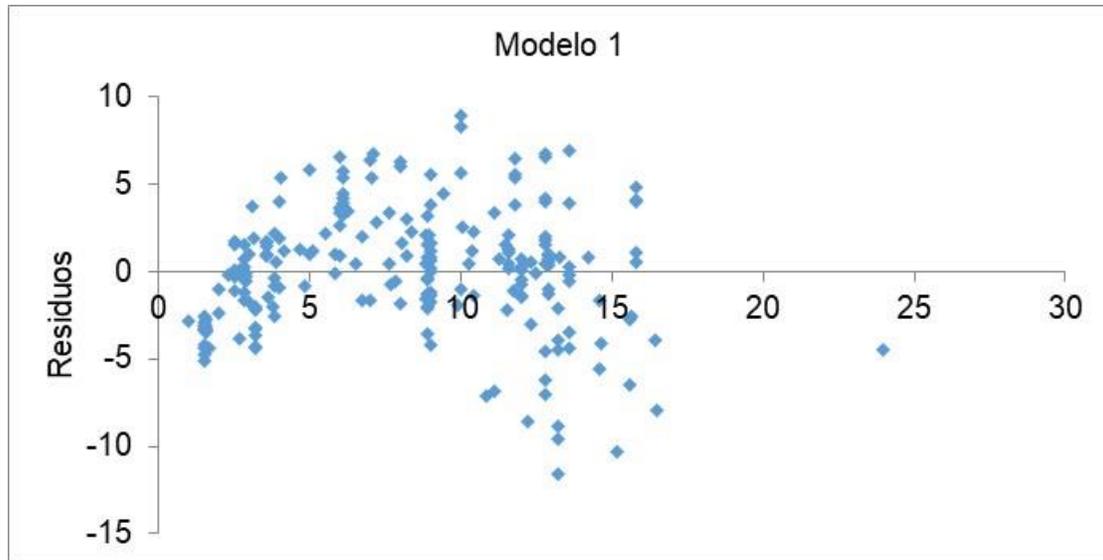


Figura 12. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo  $d = 3,8976 + 1,3587 * \text{Edad}$  para plantaciones de pilón en Costa Rica.

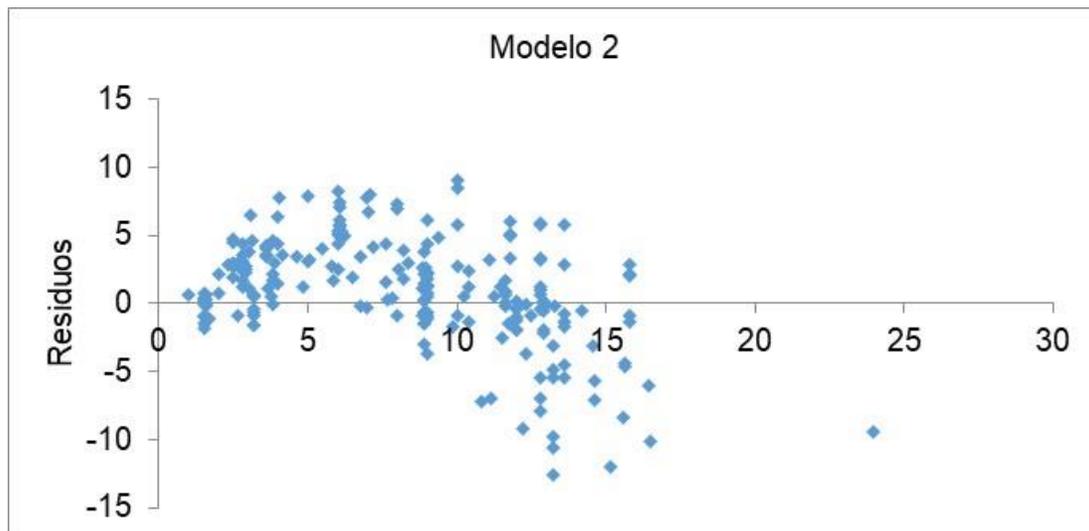


Figura 13. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo  $d = 1,7279 * \text{Edad}$  para plantaciones de pilón en Costa Rica.

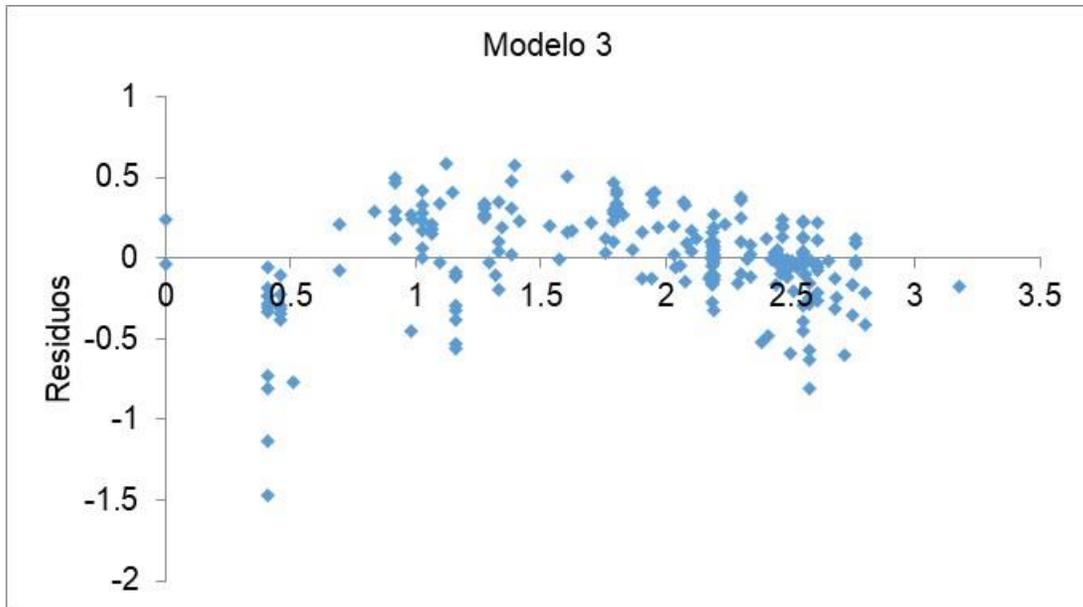


Figura 14. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo  $d = 0,9171 + e(-0,8586 * Edad)$  para plantaciones de pilón en Costa Rica.

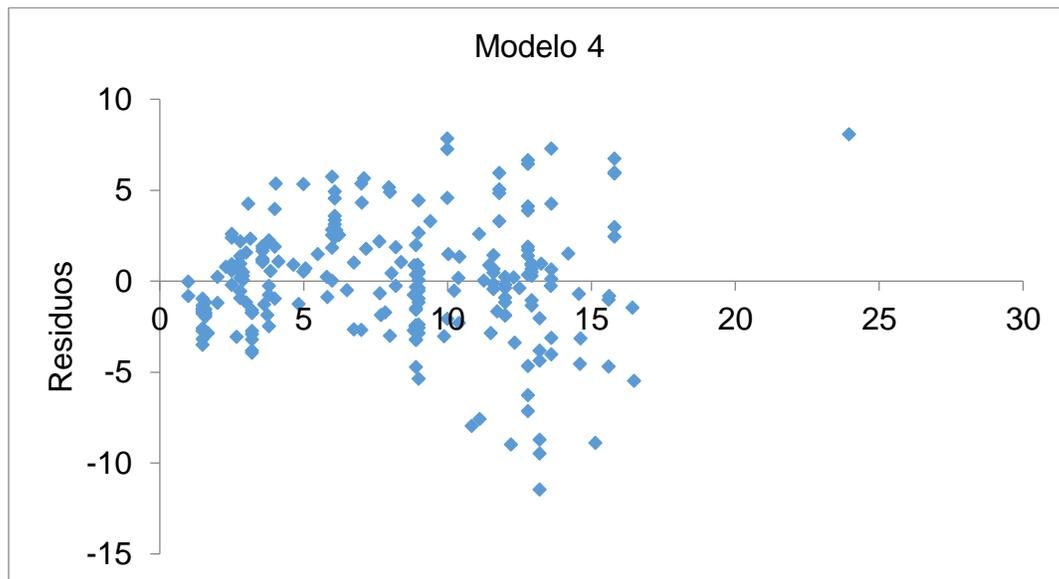


Figura 15. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo  $d = 0,9595 + 2,3284 * Edad - 0,0572 * Edad^2$  para plantaciones de pilón en Costa Rica.

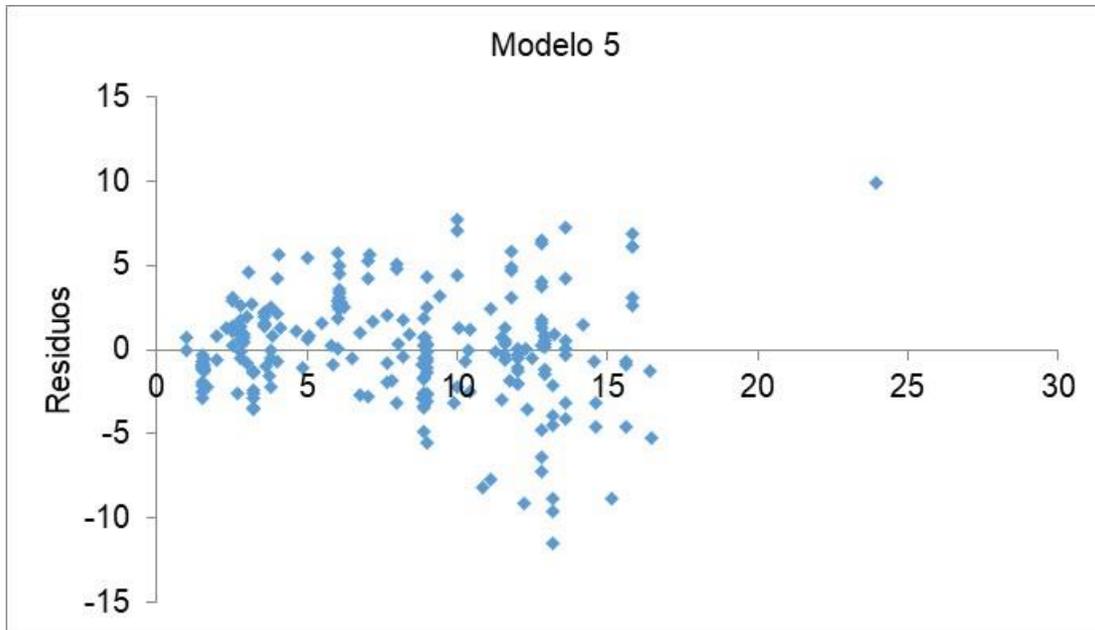


Figura 16. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo  $d = 2,5477 * Edad - 0,0678 * Edad^2$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

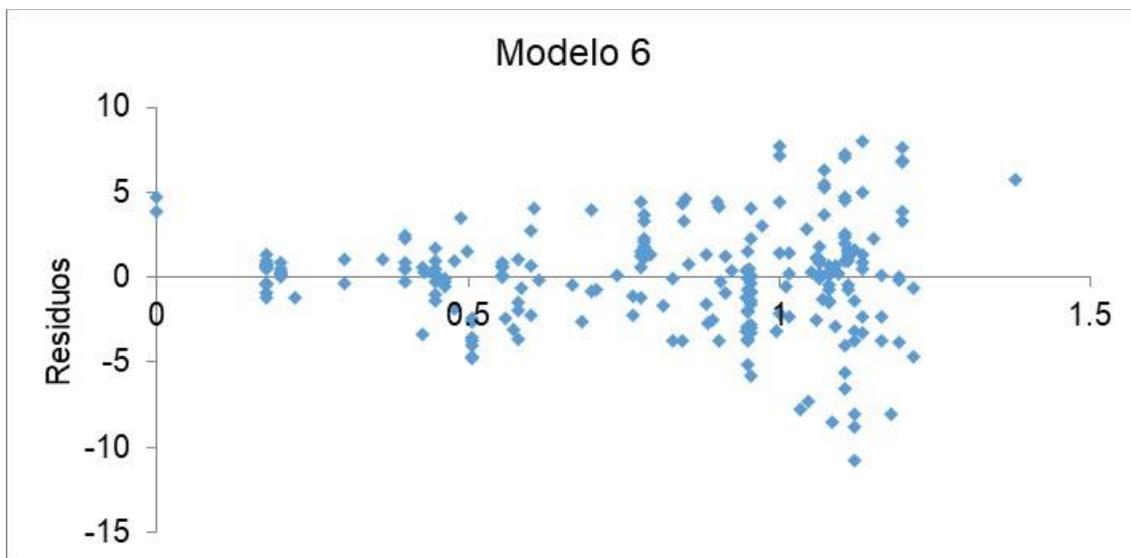


Figura 17. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo  $d = -1,5053 + 20,1102 * \text{Log}(\text{Edad})$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

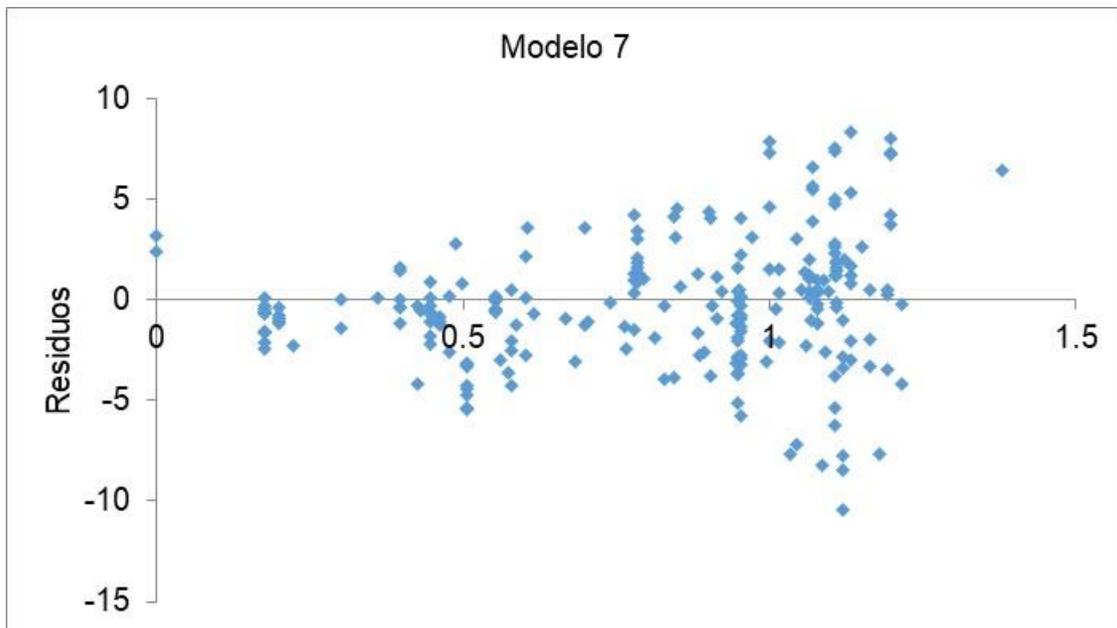


Figura 18. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo  $d = 18,4943 * \text{Log}(\text{Edad})$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

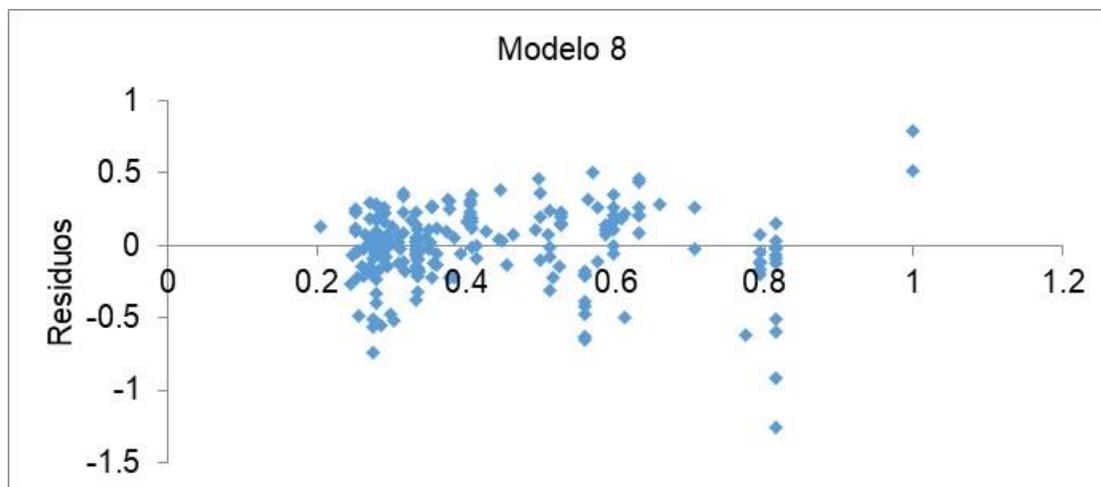


Figura 19. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo  $d = e^{(4,0924 - 3,728 * \sqrt{\frac{1}{\text{Edad}}})}$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

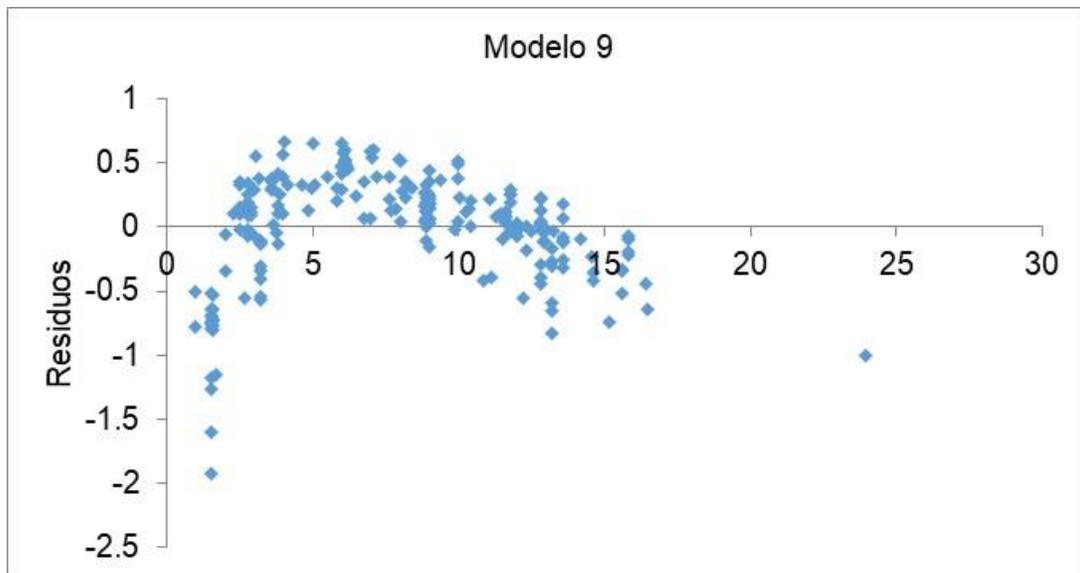


Figura 20. Distribución de los residuos con respecto a la relación d-edad para el modelo  $d = 1,5366 + e^{(0,1224 * Edad)}$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

## Anexo 2. Curvas de crecimiento para los modelos evaluados de crecimiento d/edad

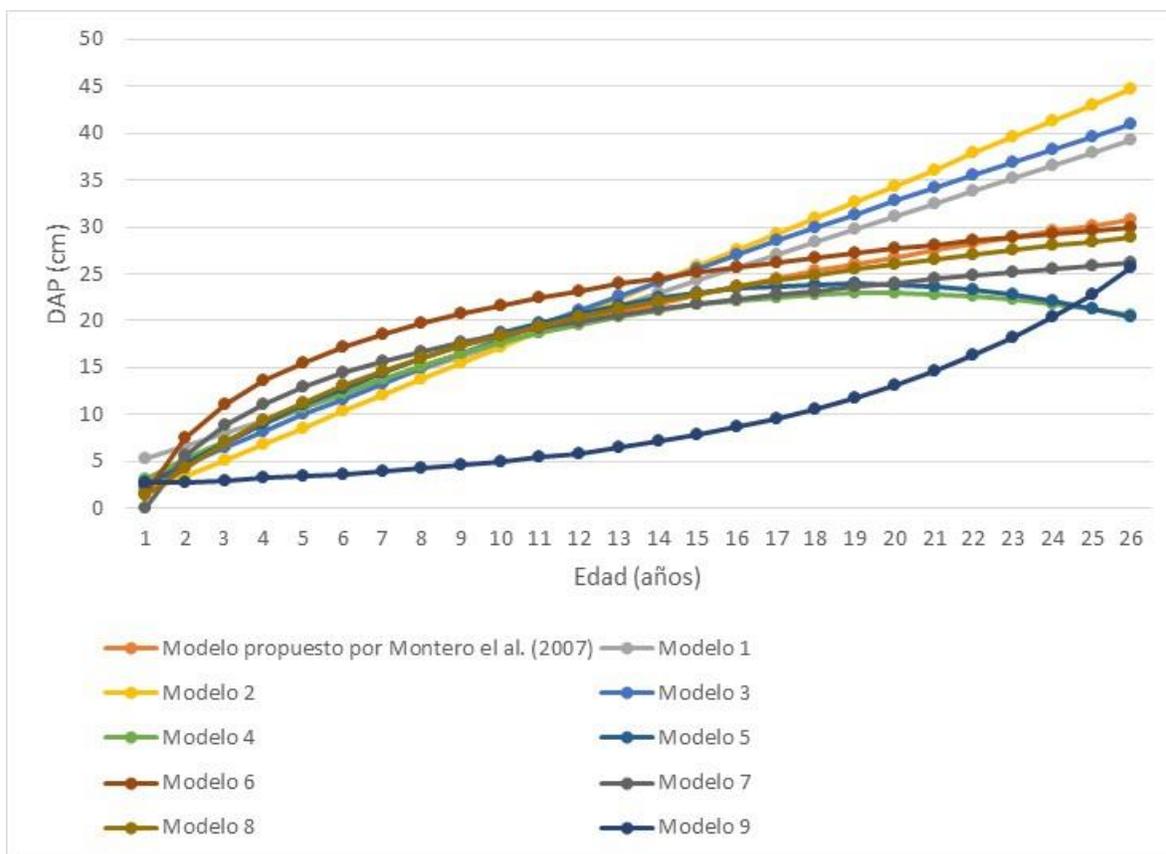


Figura 21. Curvas de crecimiento diámetro-edad para los modelos evaluados para plantaciones de pilón en Costa Rica

### Anexo 3. Distribución de residuos para los modelos evaluados de crecimiento altura total/edad

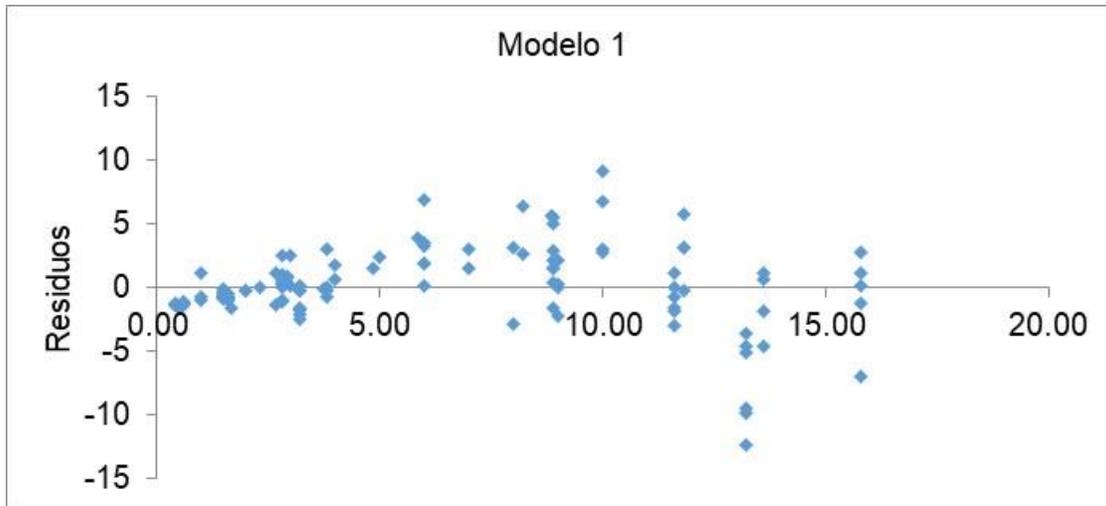


Figura 22. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo  $H_t = 0,9214 + 1,6051 * \text{Edad}$  para plantaciones de pilón en Costa Rica.

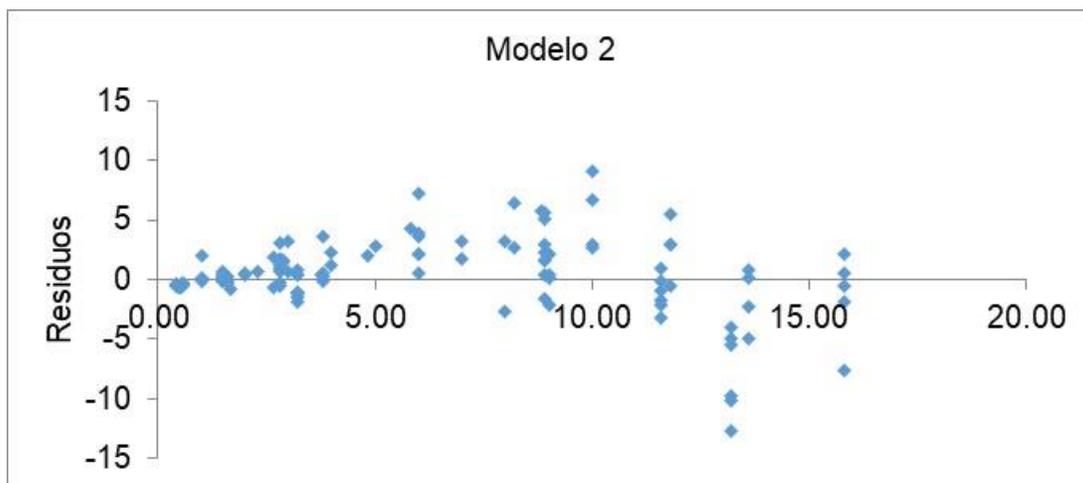


Figura 23. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo  $H_t = 1,7025 * \text{Edad}$  para plantaciones de pilón en Costa Rica.

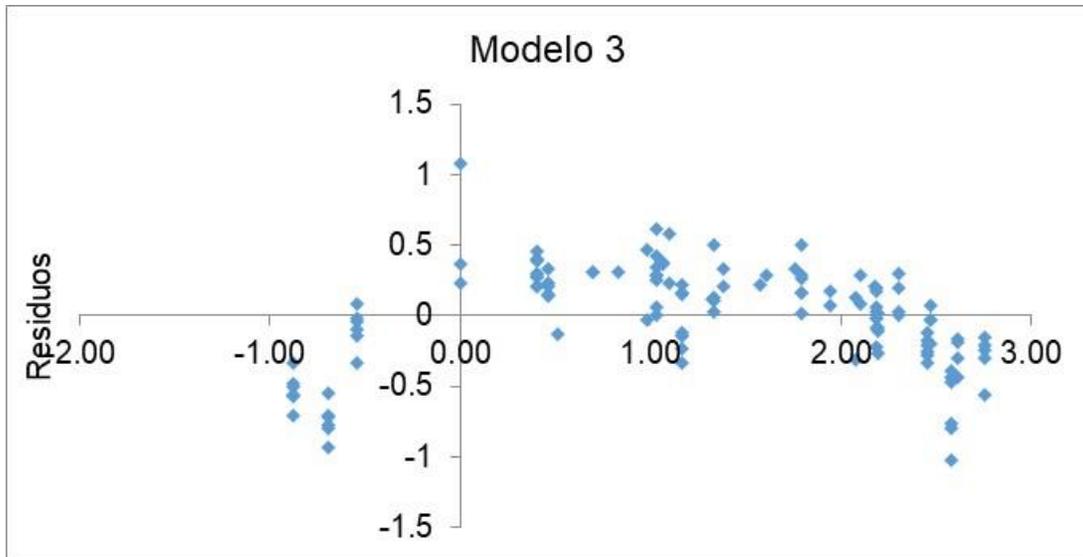


Figura 24. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo  $H_t = 0,2175 + e (1,1960 * Edad)$  para plantaciones de pilón en Costa Rica.

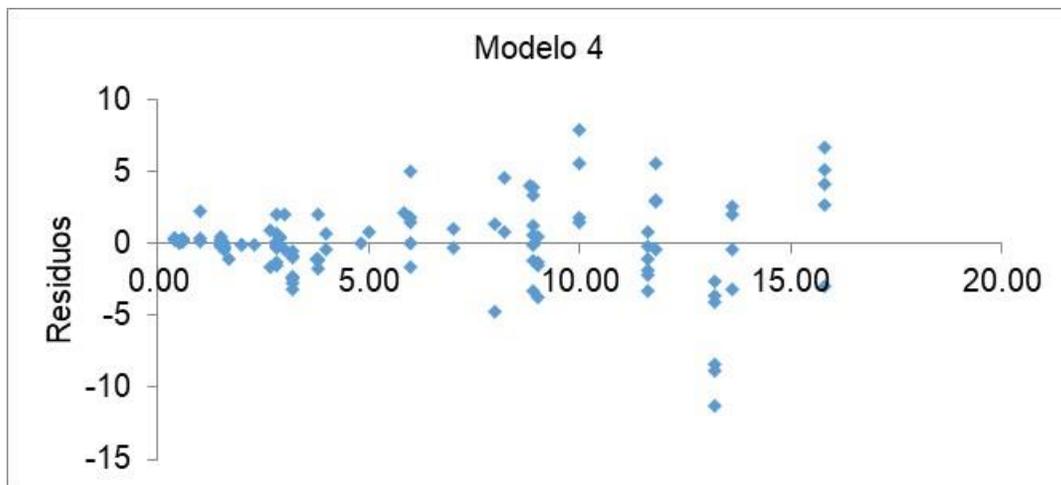


Figura 25. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo  $H_t = -1,1865 + 2,7250 * Edad - 0,0785 * Edad^2$  para plantaciones de pilón en Costa Rica.

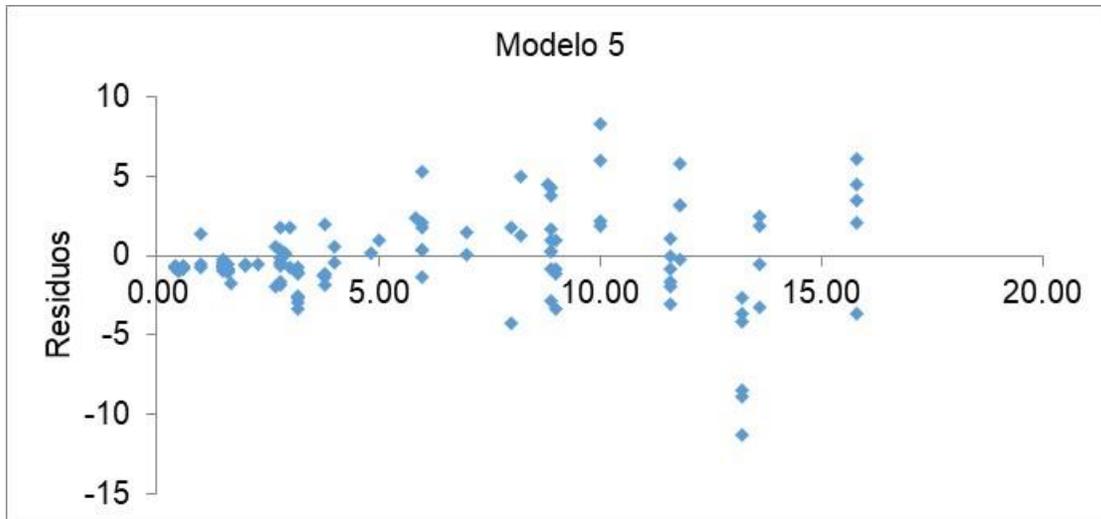


Figura 26. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo  $H_t = 2,3545 * Edad - 0,0570 * Edad^2$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

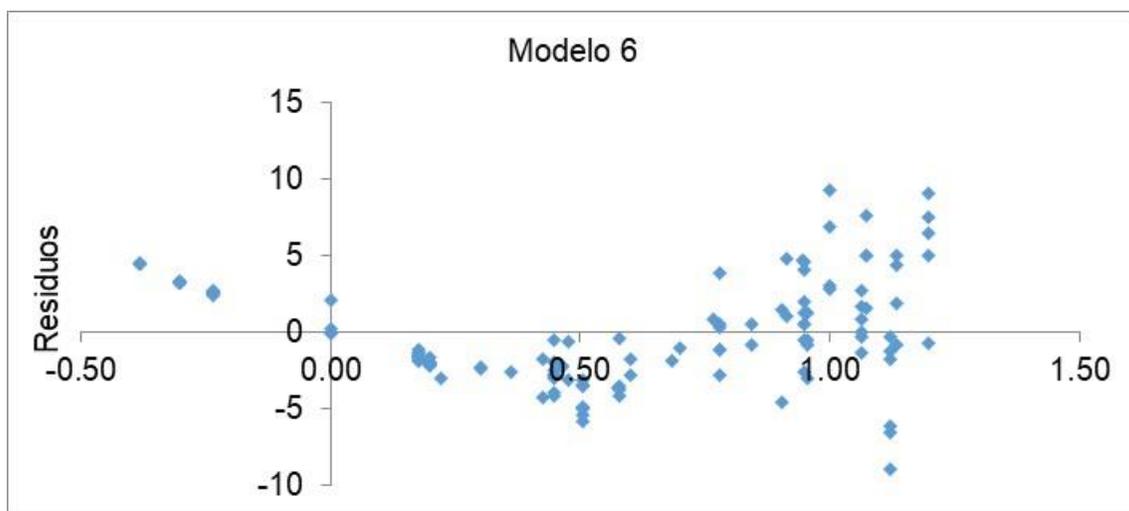


Figura 27. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo  $H_t = 1,5953 + 15,3214 * \text{Log} (Edad)$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

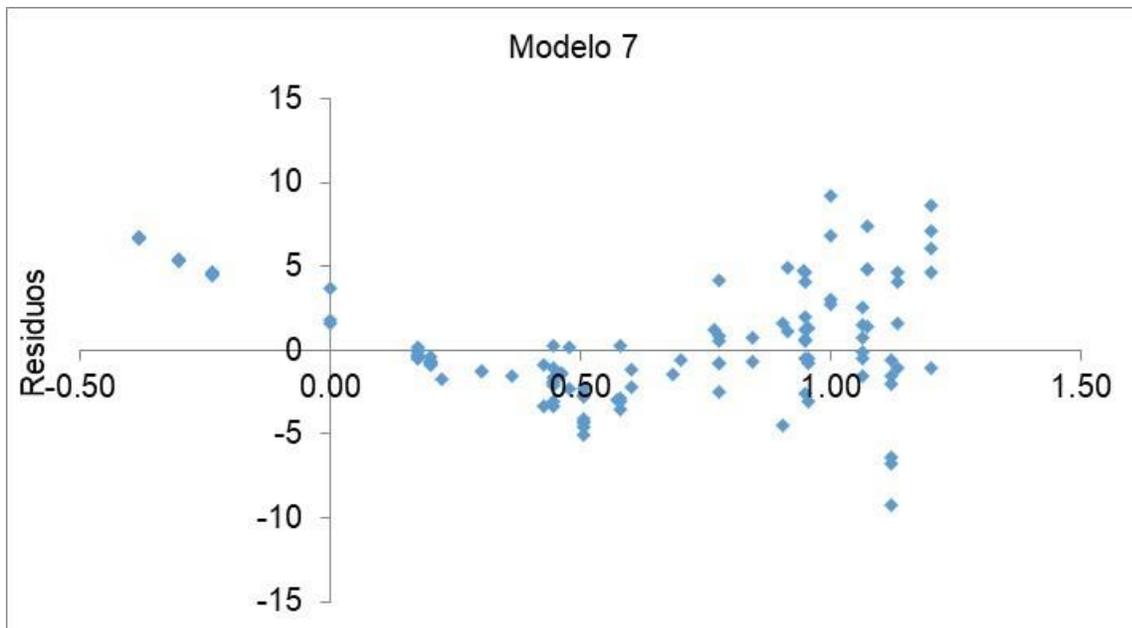


Figura 28. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo  $H_t = 16,9232 * \text{Log}(\text{Edad})$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

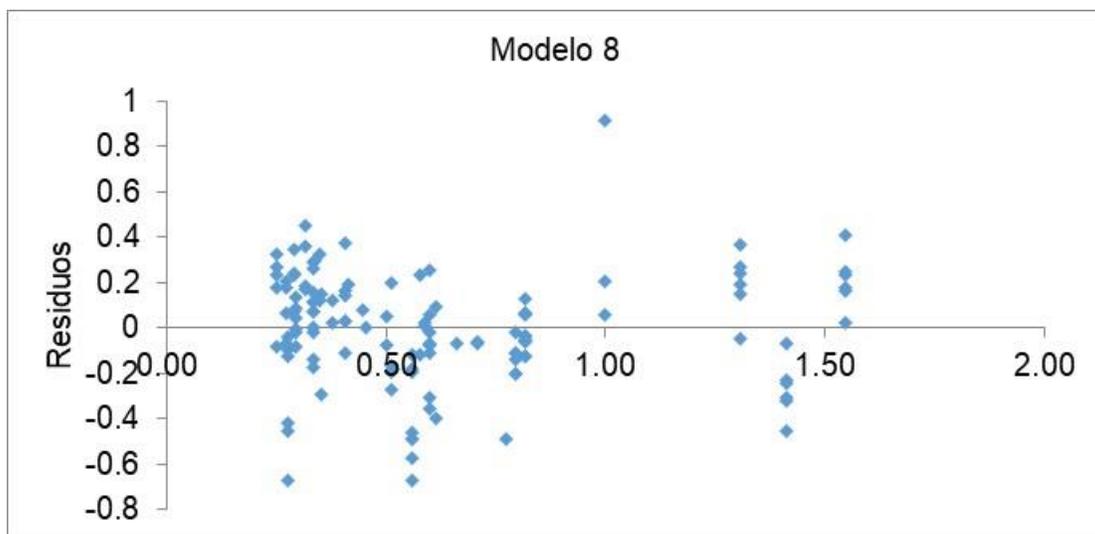


Figura 29. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo  $H_t = e^{(3,9330 - 3,5507 * \sqrt{\frac{1}{\text{Edad}}})}$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

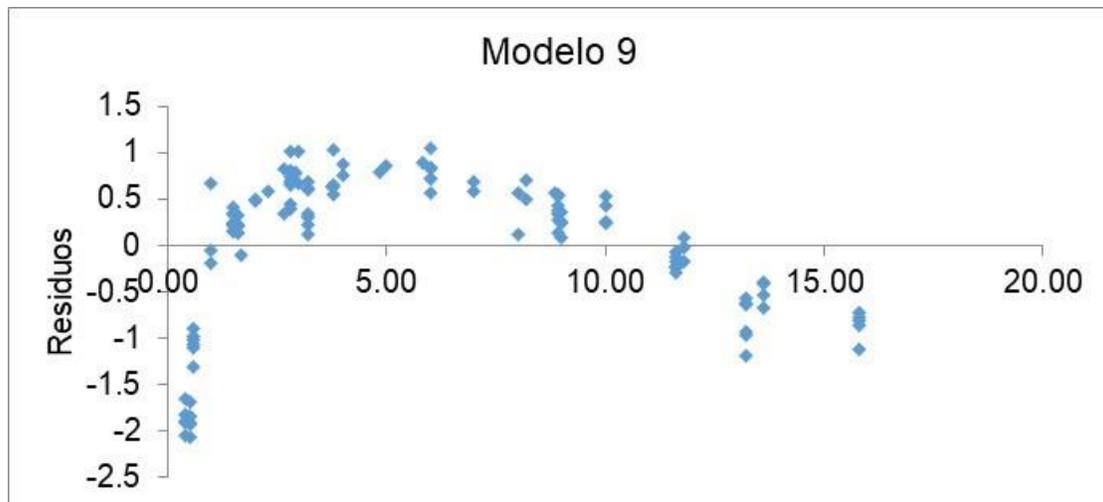


Figura 30. Distribución de los residuos con respecto a la relación altura total-edad para el modelo  $H_t = 0,4071 + e^{(0,2329 * Edad)}$  para plantaciones de pilón en Costa Rica

#### Anexo 4. Curvas de crecimiento para los modelos evaluados de crecimiento altura total/edad

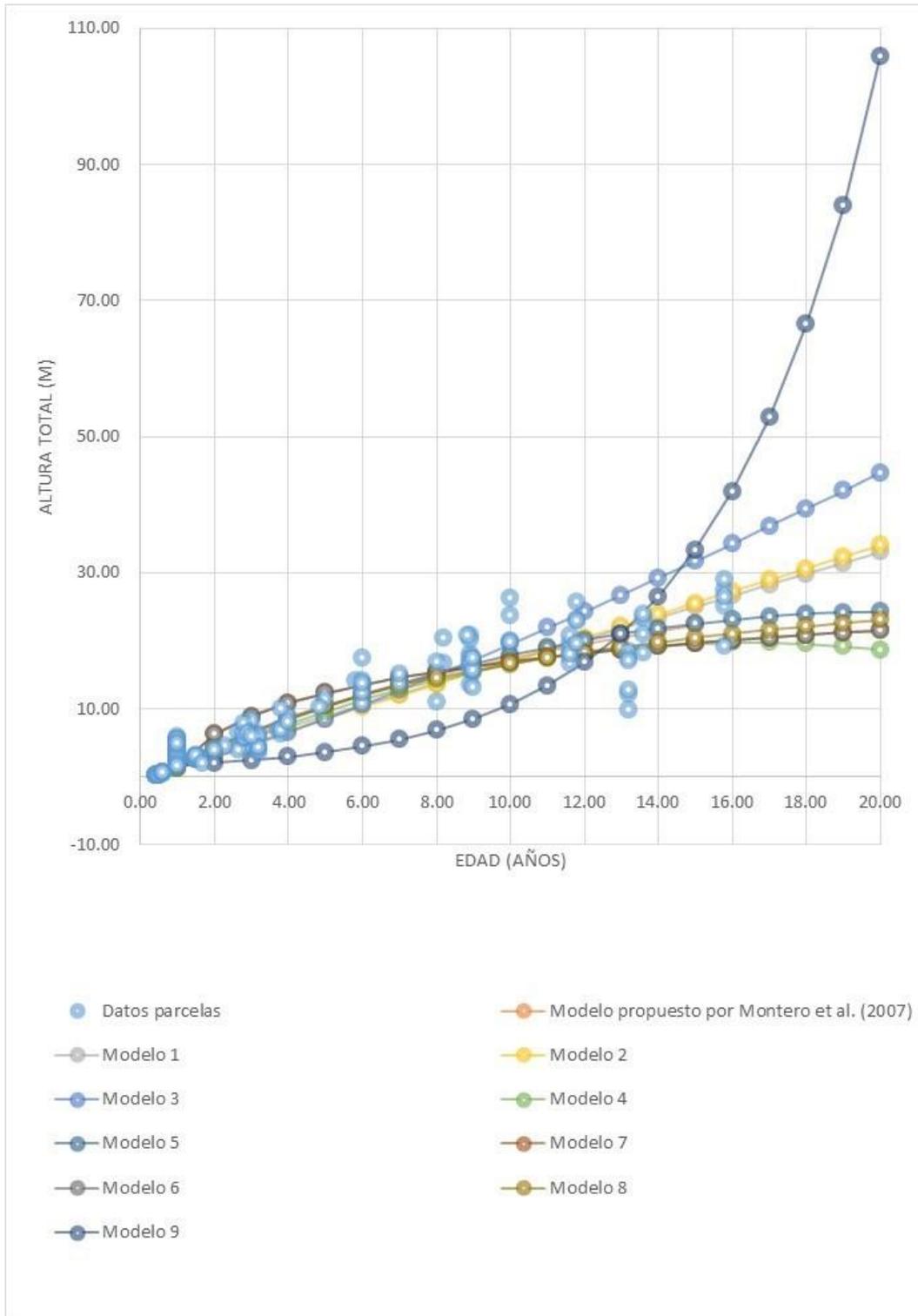


Figura 31. Curvas de crecimiento altura total-edad para los modelos evaluados para plantaciones de pilón en Costa Rica

**Anexo 5. Tabla de volumen comercial con corteza y sin corteza**

Cuadro 25. Tabla preliminar de volumen comercial con corteza para *Hieronyma alcheornoides*, utilizando la función con el mejor ajuste.  $R^2$ -adjust=0,9702,  $S_{yx}$ =0,008, CV (%)=9,24, (P< 0,0001)

Diámetro (cm)	Altura total (m)											
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	0,0200	0,0238	0,0277	0,0316	0,0355	0,0393	0,0432	0,0471	0,0509	0,0548	0,0587	0,0625
11	0,0265	0,0312	0,0358	0,0405	0,0452	0,0499	0,0546	0,0593	0,0639	0,0686	0,0733	0,0780
12	0,0336	0,0392	0,0447	0,0503	0,0559	0,0615	0,0670	0,0726	0,0782	0,0837	0,0893	0,0949
13	0,0413	0,0479	0,0544	0,0610	0,0675	0,0740	0,0806	0,0871	0,0937	0,1002	0,1067	0,1133
14	0,0497	0,0573	0,0649	0,0724	0,0800	0,0876	0,0952	0,1028	0,1104	0,1180	0,1255	0,1331
15	0,0587	0,0674	0,0761	0,0848	0,0935	0,1022	0,1109	0,1196	0,1283	0,1370	0,1457	0,1545
16	0,0683	0,0782	0,0881	0,0980	0,1079	0,1178	0,1277	0,1376	0,1475	0,1574	0,1673	0,1772
17	0,0785	0,0897	0,1009	0,1120	0,1232	0,1344	0,1456	0,1568	0,1680	0,1791	0,1903	0,2015
18	0,0893	0,1019	0,1144	0,1269	0,1395	0,1520	0,1646	0,1771	0,1896	0,2022	0,2147	0,2272
19				0,1427	0,1567	0,1706	0,1846	0,1986	0,2125	0,2265	0,2405	0,2545
20							0,2057	0,2212	0,2367	0,2522	0,2677	0,2831

Fuente: (Acuña, 2000)

Cuadro 26. Tabla preliminar de volumen comercial sin corteza para *Hieronyma alcheornoides*, utilizando la función con el mejor ajuste.  $R^2$ -adjust=0,976,  $S_{yx}$ =0,006, CV (%)=3,32, (P< 0,0001)

Diámetro (cm)	Altura total (m)										
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
10	0,0218	0,0248	0,0278	0,0308	0,0339	0,0370	0,0401	0,0432	0,0463	0,0495	0,0527
11	0,0271	0,0308	0,0346	0,0383	0,0421	0,0460	0,0499	0,0537	0,0577	0,0616	0,0655
12	0,0331	0,0376	0,0422	0,0468	0,0515	0,0561	0,0609	0,0656	0,0704	0,0752	0,0800
13	0,0398	0,0452	0,0507	0,0562	0,0618	0,0675	0,0731	0,0788	0,0846	0,0903	0,0961
14	0,0471	0,0536	0,0601	0,0666	0,0733	0,0799	0,0867	0,0934	0,1002	0,1071	0,1139
15	0,0552	0,0627	0,0704	0,0781	0,0858	0,0936	0,1015	0,1094	0,1174	0,1254	0,1335
16				0,0905	0,0995	0,1086	0,1177	0,1269	0,1361	0,1454	0,1548
17				0,1040	0,1144	0,1248	0,1353	0,1458	0,1564	0,1671	0,1778
18					0,1304	0,1423	0,1542	0,1662	0,1783	0,1905	0,2028

Fuente: (Acuña, 2000)

## Anexo 6. Modelo de costo de establecimiento y mantenimiento de la plantación

Cuadro 27. Modelo de costo para el establecimiento y mantenimiento de una plantación de pilón en Costa Rica, adaptado para pequeños y medianos productores.

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
<b>Año 0</b>											
<b>1, Formulación y gestión del proyecto</b>											
Visita al proyecto. (Ing. Forestal)	0,25	0,25	0,25	1	0,10	0,03	₡875,00				₡875,00
Revisión de documentos. (Técnico Forestal)	0,25	0,25	0,25	1	0,10	0,03	₡875,00				₡875,00
Levantamiento de área, definición de Rodales (estratos). (Técnico Forestal)	0,5	1	0,67	1	0,10	0,07	₡333,33				₡333,33
Muestreo y análisis de suelos. (Técnico Forestal)	0,5	0,5	0,10	1	0,10	0,01	₡350,00			₡45 000,00	₡350,00
Elaboración de mapas en SIG. (Técnico Forestal)	0,5	0,5	0,50	1	0,10	0,05	₡750,00				₡750,00
Formulación de proyecto para FONAFIFO. (Ing. Forestal)	0,75	0,75	0,10	1	0,10	0,01	₡350,00				₡350,00
Gestión de Formalización del proyecto (FONAFIFO y CIAgro). (Ing. Forestal)	0,33	0,33	0,33	1	0,10	0,03	₡155,00				₡155,00
<b>Total Formulación y Gestión del Proyecto año 0</b>			<b>2,20</b>			<b>0,22</b>	<b>₡7 688,33</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡45 000,00</b>	<b>₡52 688,33</b>
<b>2, Preparación y Establecimiento de la plantación</b>											
Acumulación y Quema de Residuos (33% del área)	0,5	1,5	0,94	1	0,33	0,31	₡883,98				₡883,98
Eliminación árboles remanentes, repique con motosierra), 10% del área	1,5	4	2,38	1	0,10	0,24	₡213,97				₡213,97
Repique y limpieza manual de terreno (10% del área)	2	3	2,50	1	0,10	0,25	₡330,49				₡330,49
Chapea Manual general del área, SOCOLA (100% del área)	4	12	8,09	1	1,00	8,09	₡423,21		₡14 370,00		₡793,21
Control químico de malezas (pre-emergente) (100% del área). 1 L. Oxiflufen/ha.	0,5	2	1,12	1	1,00	1,12	₡409,53				₡409,53

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Repaso control químico de malezas (20% del área)	0,1	0,1	0,10	1	0,20	0,02	₡186,44		₡50 000,00		₡50 186,44
Herbicida pre-emergente + adherente				1	1,00	0,00	₡0,00	₡11 260,00			₡11 260,00
Combustibles y lubricantes				1	0,10	0,00	₡0,00	₡567,50			₡567,50
Herbicida sistémico + adherentes + Herbicida contra gramínea				1	0,20	0,00	₡0,00	₡4 520,00			₡4 520,00
Subsolado del terreno (1 hora tractor)				1	1,00	0,00				₡35 000	₡35 000,00
Rastreado (2 veces, 1.5 hora tractor)				2	1,00	0,00				₡105 000	₡105 000,00
Lomillado del terreno (0.5 hora tractor)				1	1,00	0,00				₡17 500	₡17 500,00
Establecimiento y reparación de cercas (25m/ha), Mano de Obra			0,90	1	1,00	0,90	₡8 389,77				₡8 389,77
Postes, alambre, grapas y demás materiales de cercas				1	1,00			₡35 120,00			₡35 120,00
Trazado-marcación	0,5	2	1,06	1	1,00	1,06	₡9 904,59	₡0,00			₡9 904,59
Preparado y acarreo de estacas guía para plantar (Técnico Forestal)			0,50	1	1,00	0,50	₡4 660,99	₡0,00			₡4 660,99
Rodajea pre-plantación (30% del terreno en sitios con difícil acceso)	1	1	1,00	1	1,00	1,00	₡9 321,97	₡0,00			₡9 321,97
Hoyado y plantado (400 plantas/jornal)	1	5,1	2,08	1	1,00	2,08	₡19 413,00	₡0,00	₡5 550,00		₡24 963,00
Costo de la Planta				833	1,00		₡0,00	₡212 415,00			₡212 415,00
Descarga y Distribución de plantas	0,1	0,3	0,18	1	1,00	0,18	₡1 677,95	₡0,00			₡1 677,95
Encalado manual toda el área (1-2 meses antes de plantación). 2 a 4 Ton/ha	0,25	1	0,80	1	1,00	0,80	₡7 457,58	₡0,00			₡7 457,58
Cal				1	1,00	0,00	₡0,00	₡2 650,00			₡2 650,00
Fertilización al momento de plantación. 30 a 50 g/planta = 40 k/ha (1 saco)	0,75	1,5	1,06	1	1,00	1,06	₡9 839,86	₡0,00			₡9 839,86
Fertilizante				1	1,00	0,00	₡0,00	₡14 850,00			₡14 850,00
Resiembra 8-10% (a los 30 días después de plantado)	0,2	1	0,57	1	1,00	0,57	₡5 326,84	₡0,00			₡5 326,84

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Control de hormiga y jogoto (Phylophaga spp)			0,20	1	1,00			500,00			500,00
<b>Total preparación y establecimiento año 0</b>			<b>23,49</b>			<b>18,00</b>	<b>410,18</b>	<b>882,50</b>	<b>920,00</b>	<b>157,00</b>	<b>712,68</b>
<b>Año 1, Mantenimiento y manejo</b>											
Rodajea manual (corona) 400/jornal (2 veces, a los 45 días y a los 3 meses)	2	5	2,08	2	1,00	4,17	826,01	0,00			826,01
Chapea con Motoguadaña (100% del área)	1,5	3	2,50	2	1,00	5,00	609,85	0,00	350,00		609,85
Rodajea química (mes 3)	0,75	1,4	1,04	1	1,00	1,04	671,54	0,00			671,54
Control químico de malezas (100% del área) (mes 5, 11), 1 J = 7 bombas	1	1	1,00	2	1,00	2,00	643,94	0,00			643,94
Combustibles y lubricantes motoguadaña				2	1,00	0,00	0,00	750,00			750,00
Repaso control químico de malezas (15% del área, mes 5 y 11).			0,50	2	0,15	0,15	398,30	0,00			398,30
Herbicidas, adherentes y otros				2	1,00	0,00	0,00	860,00			860,00
Glifosato								0,00			0,00
Deshija o eliminación brote basal (4-6 mes) (0,5 J/ 625 árboles)	0,5	1,5	0,92	1	0,90	0,83	737,24	0,00			737,24
Poda de formación (2-6-9 mes, 15% árboles) 750 plantas/J	1,3	1,6	0,33	3	1,00	0,99	228,75	0,00			228,75
Fertilización (2 y 6 meses después de plantado). 50 g/planta = 40 k/ha	0,75	1	0,89	2	1,00	1,79	646,38	0,00			646,38
Fertilizante				2	1,00	0,00	0,00	700,00			700,00
Eliminación de bejuco (mes 1, 2 y 4), luego se utiliza químico	0,2	1	0,78	3	1,00	2,34	813,41	0,00			813,41
Control de plagas (hormiga, joboto, otros)	0,15	1	0,48	4	1,00	1,91	815,32	0,00			815,32
Insecticida hormiga				3	1,00	0,00	0,00	580,00			580,00
Rondas cortafuego (50m/ha)	0,05	2,1	0,73	1	1,00	0,73	791,72	0,00			791,72
Otras labores no planificadas (5%)			2,00	1	1,00	2,00	643,94	0,00			643,94

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Ingeniero Fijo o <b>Regencia (4 visitas de 1 hora, 18% del PSA, pequeños y medianos)</b>							₡10			₡103	₡114
Control de calidad, supervisión de labores (Técnicos Forestales) =0,1/visita			0,50	1	1,00	0,50	756,63	₡0,00		303	060,07
							₡5	₡0,00			₡5
							064,55	₡0,00			064,55
<b>Total Año 1</b>			<b>14</b>			<b>24,44</b>	<b>₡229</b>	<b>₡84</b>	<b>₡350</b>	<b>₡103</b>	<b>₡767</b>
							<b>647,57</b>	<b>890,00</b>	<b>000,00</b>	<b>303,44</b>	<b>841,01</b>
<b>Año 2</b>											
Chapea con Motoguadaña (50% del área)	1,5	3	2,50	2	1,00	2,50	₡23	₡0,00			₡23
Herbicidas, adherentes y otros				4	0,33		304,93	₡22			304,93
Control químico de malezas (50% del área) (15 días) 1 J/ 7 bombas	1	1	1,00	4	1,00	4,00	₡0,00	836,00			836,00
Repaso control químico de malezas (15% del área, mes 8).			0,50	4	0,15	0,30	₡37	₡0,00			₡37
Poda baja (h = 2,5m, 100% árboles) 400 plantas/J	1,5	3	2,06	1	1,00	2,06	287,88	₡0,00			287,88
combustibles y lubricantes de motoguadaña y de motosierra							₡2	₡0,00			₡2
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	1,4	0,64	1	0,50	0,32	796,59	₡0,00			796,59
Control de plagas (hormiga, joboto, otros)	0,15	1	0,48	3	0,50	0,72	₡19	₡0,00	₡3 500,00		₡22
Establecimiento y Medición PPM (3% de los árboles en pie)	0,05	0,25	0,18	1	1,00	0,18	226,56	₡0,00			226,56
Rondas cortafuego (20m/ha)	0,05	1	0,39	1	1,00	0,39	₡4	₡0,00			₡4
Otras labores no planificadas (5%)			1,30	1	1,00	1,30	₡2	₡0,00			₡2
Ingeniero Fijo o <b>Regencia (3 visitas de 1 hora, 18% del PSA, pequeños y medianos)</b>			0	3	1,00	0,00	971,38	₡0,00		₡41	₡41
							₡6	₡17		321,34	321,34
							₡6	₡17			₡24
							680,75	580,00			260,75
							₡1	₡0,00			₡1
							631,34	₡0,00			631,34
							₡3	₡0,00			₡3
							635,57	₡0,00			635,57
							₡12	₡0,00			₡12
							118,56	₡0,00			118,56
<b>Total Año 2</b>			<b>20,48</b>	<b>25,00</b>	<b>8,48</b>	<b>11,76</b>	<b>₡109</b>	<b>₡44</b>	<b>₡3 500,00</b>	<b>₡41</b>	<b>₡199</b>
							<b>653,56</b>	<b>791,00</b>	<b>₡3 500,00</b>	<b>321,34</b>	<b>₡265,90</b>
<b>Año 3</b>											

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Chapea con Motoguadaña (75% del área)	1,5	3	2,17	1	0,50	1,08	€10 098,80				€10 098,80
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,50			€2 187,50			€2 187,50
Control químico de malezas (50% del área) (2 veces)	1	1	1,00	2	0,50	1,00	€9 321,97				€9 321,97
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,50			€8 650,00			€8 650,00
Repaso control químico de malezas (10% del área).			0,50	1	0,10	0,05	€466,10				€466,10
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,10			€1 730,00			€1 730,00
Marcaje árboles META (300 a 400/ha)	0,33	1	0,67	1	1,00	0,67	€6 199,11	€20 000,00			€26 199,11
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,15	1	0,51	1	0,50	0,26	€2 388,75				€2 388,75
Aplicación de insecticidas y otros				1	0,50			€2 000,00			€2 000,00
Deshija o eliminación brote basal en teca	0,25	1,25	0,78	1	0,33	0,26	€2 384,09				€2 384,09
Poda rama gruesa hasta 5m	0,2	0,2	0,20	1	0,50	0,10	€932,20				€932,20
Combustibles y lubricantes				1	0,50			€2 837,50			€2 837,50
Rondas cortafuego (20m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	€2 796,59				€2 796,59
Mantenimiento de cercas (25m/ha)				1	1,00		€1 053,60				€1 053,60
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	1,00	0,08	€714,68				€714,68
Otras labores no planificadas (5%)			1,50	1	1,00	1,50	€13 982,96				€13 982,96
Ingeniero Fijo o Regencia (1 visita de 1 hora, 18% del PSA, pequeños y medianos)				3	1,00		€0,00			€30 990,96	€30 990,96
<b>Total Año 3</b>			<b>7,70</b>			<b>5,29</b>	<b>€100 677,71</b>	<b>€74 810,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€30 990,96</b>	<b>€206 478,67</b>
<b>Año 4</b>											
Chapea con Motoguadaña (33% del área)	1,5	3	2,25	1	0,33	0,74	€6 921,56				€6 921,56

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,33			¢1 443,75			¢1 443,75
Control químico de malezas (33% del área)	1	2,5	1,75	2	0,33	1,16	¢10 766,88				¢10 766,88
Herbicidas, adherentes y otros				2	0,33			¢11 418,00			¢11 418,00
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,40	0,17	¢1 566,09				¢1 566,09
Aplicación de insecticidas y otros				1	0,40			¢1 600,00			¢1 600,00
Poda media (h = 5m, 50% árboles)	1	3,5	2,25	1	0,50	1,13	¢10 487,22				¢10 487,22
Marcaje de Raleo I (40 a 50%)	0,33	0,7	0,47	1	1,00	0,47	¢4 399,97	¢10 000,00			¢14 399,97
Raleo I (40 a 50%) 500 árboles/J (Tumba, desrreme y descope)	1	5,5	0,75	1	1,00	0,75	¢6 988,68		¢300 000,00		¢306 988,68
Combustibles y lubricantes				1	0,10			¢567,50			¢567,50
Extracción de madera de Raleo I	3	3	3,00	1	1,00	3,00	¢27 965,91				¢27 965,91
Troceo y Empatiado de madera de raleo I	2	2	2,00	1	1,00	2,00	¢18 643,94				¢18 643,94
Medición, Carga y Despacho de madera	1	1	0,50	1	1,00	0,50	¢4 660,99				¢4 660,99
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	¢2 796,59				¢2 796,59
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	1,00	0,08	¢714,68				¢714,68
Otras labores no planificadas (5%)			1,00	1	1,00	1,00	¢9 321,97				¢9 321,97
Ingeniero Fijo o Regencia (1 visita de 1 hora, 18% del PSA, pequeños y medianos)				1	1,00					¢20 660,76	¢20 660,76
<b>Total Año 4</b>			<b>66429,91</b>			<b>11,29</b>	<b>¢105 234,48</b>	<b>¢25 029,25</b>	<b>¢300 000,00</b>	<b>¢20 660,76</b>	<b>¢450 924,49</b>
<b>Año 5</b>											
Chapea con Motoguadaña (25% del área)	1,5	3	2,25	1	0,25	0,56	¢5 243,61				¢5 243,61
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,25			¢1 093,75			¢1 093,75

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Control químico de malezas (25% del área)	1	2,5	1,75	2	0,25	0,88	∅8 156,72				∅8 156,72
Herbicidas, adherentes y otros				2	0,25			∅8 650,00			∅8 650,00
Poda alta (h = 8 m, 33% árboles)	1	5	2,41	1	0,33	0,80	∅7 418,89				∅7 418,89
Combustibles y lubricantes				1	0,50			2838			∅2 837,50
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,33	0,14	∅1 292,03				∅1 292,03
Aplicación de insecticidas y otros				1	0,33			∅0,00			∅0,00
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	∅2 796,59				∅2 796,59
Mantenimiento de cercas (25m/ha)				1	1,00			∅0,00			∅0,00
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	1,00	0,08	∅714,68				∅714,68
Otras labores no planificadas (5%)			0,60	1	1,00	0,60	∅5 593,18				∅5 593,18
Ingeniero Fijo o <b>Regencia (1 visita de 1 hora, 18% del PSA, pequeños y medianos)</b>				1	1,00					∅6 886,98	∅6 886,98
<b>Total Año 5</b>			<b>7,81</b>			<b>3,35</b>	<b>∅31 215,70</b>	<b>∅12 581,25</b>	<b>∅0,00</b>	<b>∅6 886,98</b>	<b>∅50 683,93</b>
<b>Año 6</b>											
Chapea con Motoguadaña (20% del área)	1,5	3	2,25	1	0,20	0,45	∅4 194,89				∅4 194,89
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,20			∅875,00			∅875,00
Control químico de malezas (20% del área)	1	2,5	1,75	1	0,20	0,35	∅3 262,69				∅3 262,69
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,20			∅3 460,00			∅3 460,00
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,33	0,14	∅1 292,03				∅1 292,03
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	∅2 796,59				∅2 796,59
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,60	0,05	∅428,81				∅428,81

Actividad	Valor Míni mo	Valor Máxi mo	Promedi o Jornales /ha	Frecuen cia	Porcent aje de la Ha	Total Jornales (Jornale s x Frecuen cia)	Costos/ ha Mano de Obra	Costos/ ha Insumos	Costos/h a Herramie ntas	Costos/ ha Servici os	Costo Total/ha
Otras labores no planificadas (5%)			0,70	1	1,00	0,70	€6 525,38				€6 525,38
<b>Total Año 6</b>			<b>5,50</b>			<b>1,98</b>	<b>€18 500,38</b>	<b>€4 335,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€22 835,38</b>
<b>Año 7</b>											
Chapea con Motoguadaña (15% del área)	1,5	3	2,25	1	0,15	0,34	€3 146,16				€3 146,16
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,15			€656,25			€656,25
Control químico de malezas (15% del área)	1	2,5	1,75	1	0,15	0,26	€2 447,02				€2 447,02
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,15			€2 595,00			€2 595,00
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,33	0,14	€1 292,03				€1 292,03
Limpieza de Drenajes (25m/ha)	0,05	0,25	40	1	1,00	40,00	€40,00				€40,00
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	€2 796,59				€2 796,59
Mantenimiento de cercas (25m/ha)				1	1,00		€1 053,60				€1 053,60
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,50	0,04	€357,34				€357,34
Otras labores no planificadas (5%)			0,50	1	1,00	0,50	€4 660,99				€4 660,99
<b>Total Año 7</b>			<b>45,30</b>			<b>41,58</b>	<b>€15 793,73</b>	<b>€3 251,25</b>	<b>€0,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€19 044,98</b>
<b>Año 8</b>											
Chapea con Motoguadaña (15% del área)	1,5	3	2,25	1	0,15	0,34	€3 146,16				€3 146,16
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,15			€656,25			€656,25
Control químico de malezas (15% del área)	1	2,5	1,75	1	0,15	0,26	€2 447,02				€2 447,02
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,15			€2 595,00			€2 595,00
Marcaje de Raleo II, teca y nativas (40%)	0,33	0,7	0,47	1	0,50	0,24	€2 199,98				€2 199,98

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Raleo II (40%) 100 árboles/J	1	4	1,50	1	0,50	0,75	₡6 991,48				₡6 991,48
Combustibles y lubricantes				1	0,50			₡2 837,50			₡2 837,50
Extracción de madera de Raleo II	3,5	3,5	3,50	1	0,50	1,75	₡16 313,45				₡16 313,45
Troceo y Empatiado de madera de raleo II	2,5	2,5	2,50	1	0,50	1,25	₡11 652,46				₡11 652,46
Medición, Carga y Despacho de madera	1	1	1,00	1	1,00	1,00	₡9 321,97				₡9 321,97
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,25	0,11	₡978,81				₡978,81
Combustibles y lubricantes				1	1,00			₡5 675,00			₡5 675,00
Supervisión de cosecha, Empatiado y Medición de madera	2	2	2,00	1	1,00	2,00	₡18 643,94				₡18 643,94
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	₡2 796,59				₡2 796,59
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,50	0,04	₡357,34				₡357,34
Otras labores no planificadas (5%)			0,60	1	1,00	0,60	₡5 593,18				₡5 593,18
<b>Total Año 8</b>			<b>16,37</b>			<b>8,63</b>	<b>₡80 442,39</b>	<b>₡11 763,75</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡92 206,14</b>
<b>Año 9</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	₡2 097,44				₡2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			₡437,50			₡437,50
Control químico de malezas (15% del área)	1	2,5	1,75	1	0,15	0,26	₡2 447,02				₡2 447,02
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,15			₡2 595,00			₡2 595,00
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,25	0,11	₡978,81				₡978,81
Mantenimiento de cercas (25m/ha)	0,05	0,1		1	1,00		₡1 053,60				₡1 053,60
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	₡2 796,59				₡2 796,59
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,50	0,04	₡357,34				₡357,34

Actividad	Valor Míni mo	Valor Máxi mo	Promedi o Jornales /ha	Frecuen cia	Porcent aje de la Ha	Total Jornales (Jornale s x Frecuen cia)	Costos/ ha Mano de Obra	Costos/ ha Insumos	Costos/h a Herramie ntas	Costos/ ha Servici os	Costo Total/ha
Otras labores no planificadas (5%)			0,30	1	1,00	0,30	₡2 796,59				₡2 796,59
<b>Total Año 9</b>			<b>5,10</b>			<b>1,23</b>	<b>₡12 527,39</b>	<b>₡3 032,50</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡15 559,89</b>
<b>Año 10</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	₡2 097,44				₡2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			₡437,50			₡437,50
Control químico de malezas (10% del área)	1	2,5	1,75	1	0,10	0,18	₡1 631,34				₡1 631,34
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,10			₡1 730,00			₡1 730,00
Combustibles y lubricantes				1	1,00			₡5 675,00			₡5 675,00
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,20	0,08	₡783,05				₡783,05
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	₡2 796,59				₡2 796,59
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,50	0,04	₡4 357,34				₡4 357,34
Otras labores no planificadas (5%)			0,50	1	1,00	0,50	₡4 660,99				₡4 660,99
<b>Total Año 10</b>			<b>5,30</b>			<b>1,32</b>	<b>₡12 326,75</b>	<b>₡7 842,50</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡20 169,25</b>
<b>Año 11</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	₡2 097,44				₡2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			₡437,50			₡437,50
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,20	0,08	₡783,05				₡783,05
Mantenimiento de cercas (25m/ha)				1	1,00			₡1 053,60			₡1 053,60
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	₡2 796,59				₡2 796,59
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,50	0,04	₡4 357,34				₡4 357,34
Otras labores no planificadas (5%)			0,30	1	1,00	0,30	₡2 796,59				₡2 796,59

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
<b>Total Año 11</b>			<b>3,35</b>			<b>0,95</b>	<b>€8 831,01</b>	<b>€1 491,10</b>	<b>€0,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€10 322,11</b>
<b>Año 12</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	€2 097,44				€2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			€437,50			€437,50
Control químico de malezas (10% del área)	1	2,5	1,75	1	0,10	0,18	€1 631,34				€1 631,34
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,10			€1 730,00			€1 730,00
Marcaje de Raleo III, teca y nativas (40%)	0,33	0,7	0,47	1	0,33	0,16	€1 451,99				€1 451,99
Raleo III teca y nativas (40%) 100 árboles/J	1	4	2,25	1	0,40	0,90	€8 389,77				€8 389,77
Combustibles y lubricantes				1	0,50			€2 837,50			€2 837,50
Extracción de madera de Raleo III	3,5	3,5	3,50	1	0,50	1,75	€16 313,45				€16 313,45
Troceo y Empatiado de madera de raleo III	2,5	2,5	2,50	1	0,50	1,25	€11 652,46				€11 652,46
Medición, Carga y Despacho de madera	1	1	1,00	1	1,00	1,00	€9 321,97				€9 321,97
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,10	0,04	€59 391,52				€59 391,52
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	€2 796,59				€2 796,59
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,50	0,04	€5 357,34				€5 357,34
Otras labores no planificadas (5%)			0,60	1	1,00	0,60	€5 593,18				€5 593,18
<b>Total Año 12</b>			<b>15,12</b>			<b>6,44</b>	<b>€59 997,07</b>	<b>€5 005,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€65 002,07</b>
<b>Año 13</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	€2 097,44				€2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			€437,50			€437,50
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,10	0,04	€59 391,52				€59 391,52

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	₡2 796,59				₡2 796,59
Mantenimiento de cercas (25m/ha)				1	1,00			₡1 053,60			₡1 053,60
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,33	0,03	₡235,85				₡235,85
Otras labores no planificadas (5%)			0,33	1	1,00	0,33	₡3 076,25				₡3 076,25
<b>Total Año 13</b>			<b>3,38</b>			<b>0,92</b>	<b>₡8 597,65</b>	<b>₡1 491,10</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡10 088,75</b>
<b>Año 14</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	₡2 097,44				₡2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			₡437,50			₡437,50
Control químico de malezas (10% del área)	1	2,5	1,75	1	0,10	0,18	₡1 631,34				₡1 631,34
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,10			₡1 730,00			₡1 730,00
Prospección y Control Plagas y Enfermedades	0,1	0,5	0,42	1	0,10	0,04	₡391,52				₡391,52
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	1,00	0,30	₡2 796,59				₡2 796,59
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,33	0,03	₡235,85				₡235,85
Otras labores no planificadas (5%)			0,40	1	1,00	0,40	₡3 728,79				₡3 728,79
<b>Total Año 14</b>			<b>5,20</b>			<b>0,00</b>	<b>₡10 881,54</b>	<b>₡2 167,50</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡0,00</b>	<b>₡13 049,04</b>
<b>Año 15</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	₡2 097,44				₡2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			₡437,50			₡437,50
Mantenimiento de cercas (25m/ha)	₡0,0 0	0		1	1,00			₡1 053,60			₡1 053,60
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	0,50	0,15	₡1 398,30				₡1 398,30
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,33	0,03	₡235,85				₡235,85

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
Otras labores no planificadas (5%)			0,33	1	1,00	0,33	€3 076,25				€3 076,25
Ingeniero Fijo o Regencia (1 visita de 1 hora, 18% del PSA, pequeños y medianos)				1	1,00		€35 000,00				€35 000,00
<b>Total Año 15</b>			<b>2,96</b>			<b>0,73</b>	<b>€41 807,83</b>	<b>€1 491,10</b>	<b>€0,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€43 298,93</b>
<b>Año 16</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	€2 097,44				€2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			€437,50			€437,50
Control químico de malezas (10% del área)	1	2,5	1,75	1	0,10	0,18	€1 631,34				€1 631,34
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,10			€1 730,00			€1 730,00
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	0,50	0,15	€1 398,30				€1 398,30
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,33	0,03	€235,85				€235,85
Otras labores no planificadas (5%)			0,50	1	1,00	0,50	€4 660,99				€4 660,99
<b>Total Año 16</b>			<b>4,88</b>			<b>1,08</b>	<b>€10 023,91</b>	<b>€2 167,50</b>	<b>€0,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€12 191,41</b>
<b>Año 17-19</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	€2 097,44				€2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			€437,50			€437,50
Mantenimiento de cercas (25m/ha)	0	0		1	1,00			€1 053,60			€1 053,60
Rondas cortafuego (25m/ha)	0,05	0,5	0,30	1	0,33	0,10	€922,88				€922,88
Mediciones PPM (3% de los árboles en pie)	0,02	0,15	0,08	1	0,33	0,03	€235,85				€235,85
Otras labores no planificadas (5%)			0,33	1	1,00	0,33	€3 076,25				€3 076,25
<b>Total Año 17-19</b>			<b>2,96</b>			<b>0,68</b>	<b>€6 332,41</b>	<b>€1 491,10</b>	<b>€0,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€7 823,51</b>

Actividad	Valor Mínimo	Valor Máximo	Promedio Jornales /ha	Frecuencia	Porcentaje de la Ha	Total Jornales (Jornales x Frecuencia)	Costos/ha Mano de Obra	Costos/ha Insumos	Costos/ha Herramientas	Costos/ha Servicios	Costo Total/ha
<b>Año 20</b>											
Chapea con Motoguadaña (10% del área)	1,5	3	2,25	1	0,10	0,23	€2 097,44				€2 097,44
Combustibles y lubricantes motoguadaña				1	0,10			€437,50			€437,50
Control químico de malezas (10% del área)	1	2,5	1,75	1	0,10	0,18	€1 631,34				€1 631,34
Herbicidas, adherentes y otros				1	0,10			€1 730,00			€1 730,00
Cosecha	3	4	3,50	1	0,33	1,16	€10 766,88				€10 766,88
Combustibles y lubricantes				1	0,33			€1 872,75			€1 872,75
Supervisión de cosecha, Empatiado y Medición de madera	2	2	2,00	1	1,00	2,00	€18 643,94				€18 643,94
Otras labores no planificadas (5%)			0,60	1	1,00	0,60	€5 593,18				€5 593,18
<b>Total Año 20</b>			<b>10,10</b>			<b>4,16</b>	<b>€38 732,79</b>	<b>€4 040,25</b>	<b>€0,00</b>	<b>€0,00</b>	<b>€77 773,04</b>

Fuente: (Murillo, 2018)

## Bibliografía

- Abdelnour, A., Aguilar, A., & Valverde, L. (2011). Micropagación de pilón (*Hieronyma alchorneoides*). *Agronomía Costarricense*, 35(2), 9-19.
- ACEEFN. (1992). *Encuentro regional sobre especies forestales nativas de la Zona Norte y Atlántica de Costa Rica*. Estación Biológica La Selva, Puerto Viejo, Sarapiquí, Costa Rica.
- Acuña, P. (1999). Evaluación de dos ensayos de progenie en Santa Clara, San Carlos. *Informe de Práctica de Especialidad para optar al título de Bachiller Forestal, ITCR.*, 58.
- Acuña, P. (2000). Propuesta para la estimación de volumen comercial para *Hieronyma alchorneoides* Allemao y *Vochysia guatemalensis* J.D. Smith. en la Zona Norte de Costa Rica. *COSEFORMA(N°56)*, 27.
- Alfaro, M. (1990). Estudio de caso sobre la rentabilidad y uso óptimo de recursos en plantaciones forestales en Costa Rica. *CATIE*, 162.
- Alfaro, M. (1990). *Estudio de caso sobre rentabilidad y uso óptimo de recursos en plantaciones forestales en Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica.: CATIE.
- Alvarado, D. (2016). *Ganancia genética a los 4 años de edad en el programa clonal de pilón (Hieronyma alchorneoides) en San Carlos, Zona Norte de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica: Tesis Licenciatura Escuela de Ingeniería Forestal, ITCR.
- Arguedas, M. (2007). Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*, 69.
- Arguedas, M., & Rodríguez, M. (2016). Insectos barrenadores del xilema en especies forestales comerciales en Costa Rica,. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 7(35), 79-89.
- Arguedas, M., Chaverri, P., & Quirós, L. (1995). *Problemas fitosanitarios en especies forestales nativas en Costa Rica*. Sarapiquí, Costa Rica.: Memoria Primer Taller Nacional sobre especies nativas forestales.
- Arguedas, M., Rodríguez, M., & Martínez, V. (2015). Mosca barrenadora de la madera (*Pantophthalmus* sp) en *Hieronyma alchorneoides* Allemao en Costa Rica. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú (Costa Rica)*., 12(29).
- Arnáez, E., Moreira, L., Rojas, F., & Torres, G. (1992). Especies forestales nativas: una estrategia para las zonas altas de Costa Rica. *II Congreso Forestal Nacional*, (págs. 26-27). San José, Costa Rica.

- Butterfield, R. (1990). Native species for reforestation and land restoration: a case study from Costa Rica. *Proceedings of the Fourteenth IUFRO World Congress.*, (págs. 3-14 p.). Montreal, Canadá.
- Calvo, J., Arias, D., & Sibaja, A. (1995). Especies nativas para la reforestación en la zona sur de Costa Rica. *Avances en la producción de semillas forestales en América Latina. Memorias del Simposio.* . Managua, Nicaragua.
- Calvo, J., Arias, D., & Sibaja, A. (1997). Evaluación de un ensayo de procedencia-progenie de *Hieronyma alchorneoides* a los doce meses de edad en la Zona Norte de Costa Rica. *III Congreso Forestal Nacional*, (págs. 87-90). San José, Costa Rica.
- Camacho, P. (1981). *Informe general del proyecto de "Ensayos de adaptabilidad y rendimiento de especies forestales en Costa Rica.* San José, Costa Rica.: ITCR/MAG.
- Carpio, I. (1999). *Maderas de Costa Rica, 150 especies forestales.* San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Castañeda, F. (1994). *Pilón. Afiche Revista Forestal Centroamericana N°10.* Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- CATIE. (1997). *Nota técnica sobre manejo de semillas forestales N°16.* Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- CIAGRO. (1 de abril de 2018). *Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica.* Obtenido de [http://ing-agronomos.or.cr/images/registros/Montos\\_inscripcion.pdf](http://ing-agronomos.or.cr/images/registros/Montos_inscripcion.pdf)
- CIIM. (1983). *Informe Final del Proyecto: Propiedades físicas, mecánicas, preservación, durabilidad, cepillado, taladrado, lijado y torneado de 18 especies maderables de Costa Rica.* Cartago, Costa Rica: CIIM/ITCR.
- Cordero, J., & Boshier, D. (2003). *Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas.* Turrialba, Cartago, Costa Rica: OFI/CATIE.
- COSEFORMA. (1999). *Pilón en la Zona Norte de Costa Rica.* San José, Costa Rica: MINAE/GTZ/ITCR/CCF.
- Delgado, A. (2002). *Crecimiento de las plantaciones de especies nativas y su relación con la motivación de los finqueros a reforestar en la Región Huetar Norte de Costa Rica.* ITCR. Cartago. Costa Rica.: Informe de Práctica de Especialidad para optar al título de Bachiller Forestal.
- Delgado, A., Montero, M., Murillo, O., & Castillo, M. (2003). Crecimiento de especies forestales nativas en la zona norte de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 27(1), 63-78.

- Espinoza, M., & Butterfield, R. (1989). Adaptabilidad de 13 especies nativas maderables bajo condiciones de plantación en tierras bajas húmedas del Atlántico, Costa Rica. *In: Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales con especies de uso múltiple* (págs. 159-172). Turrial, Costa Rica: CATIE.
- Evans, J. (2009). *Planted forests: uses, impacts and sustainability*. Rome: CABI: Viale delle Terme di Caracalla.
- Fallas, J. (2017). *Funciones alométricas, de volumen y de crecimiento para clones de teca (Tectona grandis L.f) en Costa Rica*. ITCR. Cartago. Costa Rica.: Informe de tesis de Maestría.
- Flores, E. (1993). *Árboles y Semillas del Neotrópico*. San José: Museo Nacional.
- Flores, E., & Obando, G. (2005). *Árboles del Tropic Humedo: importancia socioeconómica*. San José: Tecnológica de Costa Rica.
- Foster, R. (1985). The seasonal rhythm of fruitfall on Barro Colorado Island. *The ecology of a tropical forest*, 151-172.
- González, E. (1991). Recolección y germinación de semillas de 26 especies arbóreas del bosque húmedo tropical. *Revista Biología Tropical*, 39(1), 47-51.
- González, E. (2001). *Análisis financiero y de rendimientos de la producción de Tectona grandis en la Region Pacífico Central de Costa Rica*. Cartago, Costa Rica.: Escuela de Ingeniería Forestal/ITCR.
- Guariguata, M., Rheingans, R., & Montagnini, F. (1995). Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: Implications for forest restoration. *Restoration Ecology*, 252-260.
- Harmon, P. (2003). *Árboles del Parque Nacional Manuel Antonio*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: INBIO.
- ITTO. (01 de Marzo de 2019). Obtenido de <http://www.tropicaltimber.info/es/specie/mascarey-hieronyma-alchorneoides/>
- Jiménez, Q., Rojas, F., Rojas, V., & Rodríguez, L. (2002). *Árboles maderables de Costa Rica: Ecología y Silvicultura*. Santo Domingo de Heredia, Costa Rica: INBIO.
- La Selva Florula Digital. (01 de Marzo de 2019). *La Selva Florula Digital*. Obtenido de [https://sura.ots.ac.cr/local/florula4/find\\_sp4.php?key\\_species\\_code=LS001030&key\\_kingdom=&key\\_phylum=&key\\_class=&key\\_order=&key\\_family=&key\\_genus=&specie\\_name=alchorneoides#](https://sura.ots.ac.cr/local/florula4/find_sp4.php?key_species_code=LS001030&key_kingdom=&key_phylum=&key_class=&key_order=&key_family=&key_genus=&specie_name=alchorneoides#)

- Ladrach, W. (2010). *Manejo práctico de plantaciones forestales en el trópico y subtropico*. Cartago, Costa Rica.: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Ley Forestal N°7575. (1996). *Ley Forestal N°7575*. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- Lobo, J., Aguilar, R., Chacón, E., & Fuchs, E. (2008). *Fenología de especies de árboles de la Península de Osa y la región del Golfo Dulce, Costa Rica* (Vol. 80). *Zugleich Kataloge der oberosterreichischen Landesmuseen Neue*.
- Ministerio de Hacienda de Costa Rica. (10 de Octubre de 2018). *Ministerio de Hacienda de Costa Rica*. Obtenido de <https://www.hacienda.go.cr/contenido/14414-tarifas-del-impuesto-general-sobre-las-ventas>
- Montero, M., De Los Santos, H., & Kanninen, M. (2007). *Hyeronima alchorneoides: Ecología y Silvicultura en Costa Rica*. 50.
- Moya, R., Leandro, L., & Murillo, O. (2009). Wood characteristics of *Terminalia amazonia*, *Vochysia guatemalensis* and *Hyeronima alchorneoides* planted in Costa Rica. *Bosque*, 78-87.
- Moya, R., Rodriguez, A., & Olivares, C. (2014). *Árboles maderables de la Península de Osa madera y corteza*. Cartago, Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- Muller, E. (1993). *Estado actual del conocimiento sobre especies forestales para la reforestación en Costa Rica*. Costa Rica: Documento del proyecto COSEFORMA/ITCR.
- Murillo, O. (Jul-set de 2018). ¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país? *Ambientico*(267), 4-9.
- Murillo, O. (11 de Octubre de 2018). Hoja de calculo: Modelo de rendimiento para una plantación clonal de teca. Cartago, Cartago, Costa Rica.
- Murillo, O. (9 de Septiembre de 2018b). Modelo de Costos para plantaciones forestales en Costa Rica. Cartago, Cartago, Costa Rica.
- Murillo, O., Badilla, Y., & Obando, G. (2002). Posibilidades de reforestación con especies nativas en las zonas altas de Costa Rica. *Seminario Nacional sobre Especies Nativas*. Universidad Nacional, INISEFOR, Heredia, Costa Rica.
- Murillo, O., Badilla, Y., Rojas, F., Torres, G., Carvajal, D., & Canessa, R. (2015). *Cultivo de especies maderables nativas de alto valor para pequeños y medianos productores*. Cartago. Costa Rica: Escuela de Ingeniería Forestal ITCR/ CIIBI.

- Nehra, N., Becwar, M., Rottmann, B., Pearson, L., Chowdhury, K., Chang, S., & Gause, K. (2005). Forest biotechnology: Innovative methods, emerging opportunities. *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 701-717.
- ONF. (01 de Agosto de 2007). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2007.pdf>
- ONF. (01 de Septiembre de 2008). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2008.pdf>
- ONF. (01 de Septiembre de 2009). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2009.pdf>
- ONF. (01 de Septiembre de 2011). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2011.pdf>
- ONF. (01 de Junio de 2012). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2012.pdf>
- ONF. (01 de Junio de 2013). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <http://onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2013.pdf>
- ONF. (01 de Junio de 2014). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <http://onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2014.pdf>
- ONF. (01 de Junio de 2015). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <http://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2015.pdf>
- ONF. (01 de Junio de 2016). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <http://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2016.pdf>
- ONF. (01 de Junio de 2017). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2017.pdf>
- ONF. (01 de Junio de 2018). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <https://www.onfcr.org/media/uploads/documents/precios-de-la-madera-2018.pdf>
- ONF. (01 de Noviembre de 2018a). *Oficina Nacional Forestal*. Obtenido de <http://www.oficinaforestalcr.org/psa/monto-por-modalidad>

- Ortiz, E. (1993). *Técnicas para la estimación del crecimiento y rendimiento de árboles individuales y bosques*. Cartago, Costa Rica: Escuela de Ingeniería Forestal/ITCR.
- Ortiz, E. (2011). Crecimiento y rendimiento forestal. *Instituto Tecnológico de Costa Rica-Escuela de Ingeniería Forestal*, 94.
- Panama watershed tree atlas. (1 de Marzo de 2019). *Panama watershed tree atlas*. Obtenido de Panama watershed tree atlas: <http://ctfs.si.edu/webatlas/findinfo.php?specid=3684&leng=spanish>
- Piotto, D., Montagnini, F., Kanninen, M., Ugalde, L., & Viquez, E. (2004). Forest plantations in Costa Rica and Nicaragua: Performance of species and preferences of farmers. *Journal of Sustainable Forestry*, 59-77.
- Quirós, S. (2015). *Modelos de volumen comercial, perfil de fuste y crecimiento para plantaciones clonales de Gmelina arborea Roxb. ex Sm. en Costa Rica*. ITCR, Cartago, Costa Rica.: Informe de tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal.
- Rojas, F., & Torres, G. (1990). *Manejo de semillas y viverización para especies forestales nativas de importancia en las zonas altas de Costa Rica. Informe Final. Proyecto de Investigación*. Cartago, Costa Rica.: ITCR.
- Sage, L., Kent, J., & Morales, J. (2013). Rentabilidad de las inversiones de teca. En R. Camino, & P. Morales, *Las plantaciones de teca en América Latina: Mitos y realidades* (págs. 202-223). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Solís, M., & Moya, R. (2004). *Hyeronima alchorneoides en Costa Rica*. San José, Costa Rica.: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal.
- STRI Data Portal Detailed Collection Record Information. (1 de Marzo de 2019). *STRI Data Portal Detailed Collection Record Information*. Obtenido de STRI Data Portal Detailed Collection Record Information: <https://stricollections.org/portal/collections/individual/index.php?occid=905436>
- Tenorio, C., Moya, R., Salas, C., & Berrocal, A. (2016). Evaluation of wood properties from six native species of forest plantations in Costa Rica. *Bosque. Universidad Austral de Chile.*, 71-84.
- The Plant List. (15 de Octubre de 2018). *The Plant List*. Obtenido de <http://www.theplantlist.org/tpl1.1/record/kew-99124>
- TIMBER RESOURCE MANAGEMENT. (01 de Marzo de 2019). *TIMBER RESOURCE MANAGEMENT*. Obtenido de TIMBER RESOURCE MANAGEMENT: <https://www.timberresourcemanagement.com/en/product/zapatero>

Torres, G., & Luján, R. (2002). Especies forestales nativas para la reforestación en las regiones Brunca y Pacífico Central de Costa Rica. *Taller seminario de especies forestales nativas. Universidad Nacional, INISEFOR*, (pág. 160 p.). Heredia, Costa Rica.

