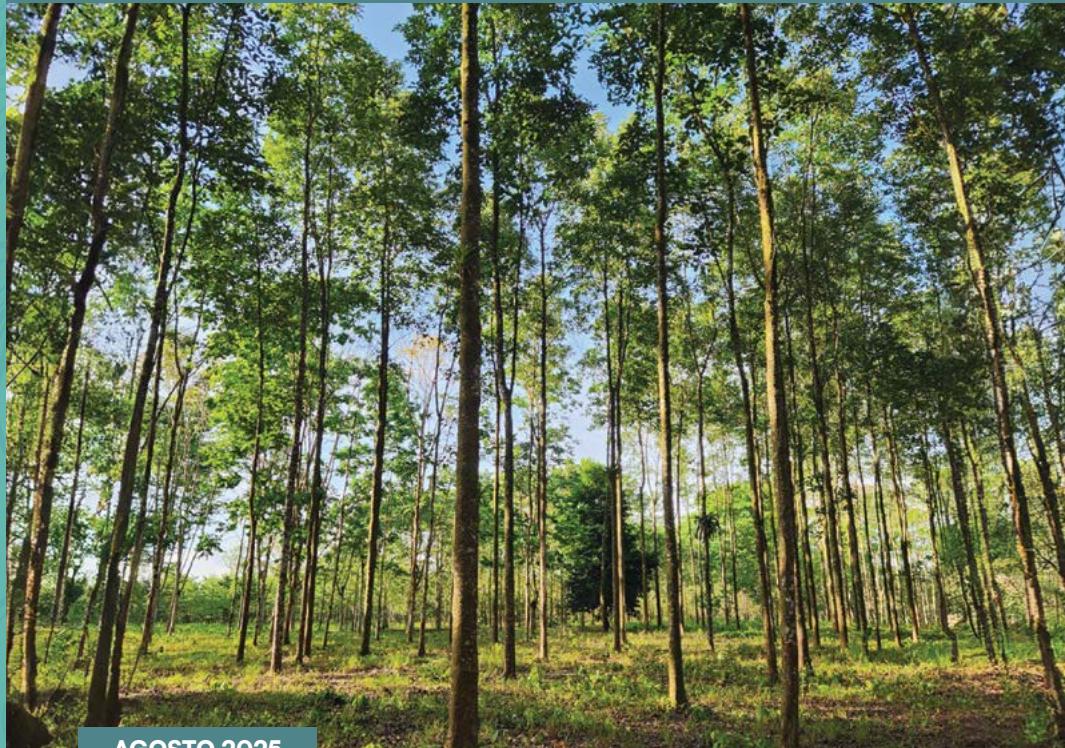


La presente publicación es parte del proyecto PD 849/17 Rev. 2 (F), "Incremento de la competitividad de la reforestación comercial en Costa Rica" financiado por la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT), mediante las aportaciones voluntarias de los gobiernos de Estados Unidos de América y Japón. Para conocer más de la OIMT visitar www.itto.int



CULTIVO DEL PILÓN EN COSTA RICA

JONATHAN VALLEJOS SALAZAR | OLMAN MURILLO GAMBOA
MARIO GUEVARA BONILLA | YORLENY BADILLA VALVERDE
MARÍA RODRÍGUEZ SOLÍS

634.97
V182m Vallejos-Salazar, Jonathan
Cultivo de pilón en Costa Rica / Jonathan Vallejos-
Salazar, Olman Murillo-Gamboa, Mario Guevara-Bonilla, Yorleny Badilla-
Valverde, María Rodríguez-Solís.
– 1 edición. – Cartago, Costa Rica : Instituto Tecnológico de Costa
Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, 2025.
51 páginas ; 13.97 x 21.59 cm : ilustraciones, fotografías, gráficos.
Referencias bibliográficas.
ISBN: 978-9930-617-86-1
1. Árboles 2. Pilón -- Cultivo 3. Manejo de bosques -- Mantenimiento
4. Especies maderables 5. Plantaciones forestales de pilón
6. Plantaciones forestales -- Costa Rica -- Producción I. Murillo-Gamboa,
Olman, autor II. Guevara-Bonilla, Mario, autor III. Badilla-Valverde,
Yorleny, autora IV. Rodríguez-Solís, María, autora V. Título.

Comité Editorial, Escuela de Ing. Forestal
Luis Acosta
Ruperto Quesada
Dorian Carvajal

Foto portada y contraportada:

CULTIVO DEL PILÓN EN COSTA RICA

Contenidos

Introducción.....	1
Establecimiento del cultivo	3
Evaluación inicial del sitio a plantar	3
¿Qué se debe hacer?	3
Factores limitantes para el desarrollo de plantaciones con pilón	3
Muestreo de suelos.....	4
Diseño de plantación	6
Preparación del terreno para el establecimiento de la plantación	7
Limpieza del sitio y establecimiento de drenajes.....	7
Preparación del suelo	9
Corrección de la acidez	11
¿En qué consiste el encalado?	11
Método y época de aplicación de la cal	12
Cálculo de dosis de encalado	14
El uso del mejor material genético disponible.....	17
¿Cómo se debe plantar los árboles?.....	19
Evaluación de la calidad del establecimiento	20
¿Cómo fertilizar el suelo?.....	23
Resiembra	25
Mantenimiento y manejo de la plantación.....	26
Control de malezas	26

¿Cuándo y con qué frecuencia realizar el control de malezas?..	26
Métodos de controlar malezas	27
Niveles de control	29
Acciones de conservación de suelos	30
La Poda	31
Manejo de plagas y enfermedades.....	33
Raleos y cosecha de la plantación.....	40
Costos de la plantación	42
Crecimiento esperado de los árboles	45
Producción esperada de una plantación de pilón	47
Uso y comercialización de la madera	49
Agradecimientos	50
Literatura.....	50

Introducción

La especie nativa *Hyperonyma alchorneoides* (pilón o zapatero) es una alternativa para el cultivo de maderas en el país con un uso real como madera estructural en la construcción y mueblería. Esta especie se desarrolla bien en las vertientes Pacífico, Caribe y Zona Norte del país, con excepción de zonas del Pacífico norte por su periodo seco prolongado. Habita en forma natural desde el nivel del mar hasta los 600 msnm, aunque en condiciones de plantación se le ha establecido hasta los 1000 metros de altitud, con algunas limitaciones en presencia de vientos. En los últimos años se ha promovido la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías en campos como certificación de material genético de calidad y su proceso de propagación, establecimiento, manejo de las plantaciones, aprovechamiento y tecnología de la madera, con el propósito de desarrollar una silvicultura eficiente que permita aumentar la productividad y el valor de las plantaciones de pilón.

La especie desarrolla una madera semidura con peso específico de 0,5 (Moya *et al.*, 2019), con un color rojizo marrón y con una albura significativamente más clara que el duramen. Es fácil de trabajar y relativamente resistente a la pudrición, pero con limitaciones para su preservación (Solís y Moya, 2004). La madera de pilón ha sido tradicionalmente utilizada en cerchas para la construcción de vivienda (Moya *et al.*, 2009).

El pilón fue sometido a programas de mejoramiento genético en el país que iniciaron en la década de los años 90 (Calvo *et al.*, 1995, 1997), lo que permitió seleccionar árboles plus e iniciar con el desarrollo de una silvicultura clonal (Alvarado, 2016). Este árbol ha mostrado una buena adaptación a condiciones de suelos pobres, ácidos ($\text{pH} < 5,0$), arcillosos y mal drenados (Delgado *et al.*, 2003) Este árbol está dentro del grupo de especies nativas estratégicas del país (Müller, 1993, Müller, 1997, Badilla *et al.*, 2002, Murillo, 2005, Murillo, 2018), con versiones previas de manuales técnicos (Solís y Moya, 2004, Montero *et al.*, 2007).

Las nuevas plantaciones han mejorado su tasa de crecimiento y rectitud de fuste, como resultado de una mayor dominancia apical, que permite sobreponer los 5-7 m de altura comercial que se obtenían sin mejoramiento genético (Acuña, 1999; Acuña, 2000; Delgado *et al.*, 2003),

por 10-14 m y fuste más recto en la actualidad con plantaciones clonales (Alvarado 2016, Vallejos y Murillo, 2024).

Este manual se produce con el objetivo de proporcionar al productor una guía técnica sobre cómo cultivar el pilón y orientar sobre aspectos de manejo, brindar información sobre el crecimiento y producción de madera esperada en plantaciones clonales en el país.

Establecimiento del cultivo

Evaluación inicial del sitio a plantar

Esta primera etapa es importante para revisar las condiciones agroecológicas del sitio donde se establecerá la plantación e identificar posibles factores limitantes para tomar decisiones. Un buen diagnóstico implica no sólo hacer un recorrido por el sitio a plantar, definir la conformación de posibles lotes o rodales en la propiedad, sino también buscar información adicional sobre los suelos para determinar acciones a seguir.

¿Qué se debe hacer?

1. Identificar posibles factores limitantes del sitio para definir acciones correctivas donde sea viable o posible, como descartar sectores con problemas de inundación o encharcamiento, sectores con erosión excesiva del suelo o cárcavas, pendientes muy fuertes, entre otros.
2. Recorrer el sitio para identificar la mejor opción de definición de lotes y para toma representativa de muestras de suelo.
3. Determinar la necesidad de fertilización y enmiendas (encalado, otros), sujeto a resultados de análisis de suelo.
4. Determinar el área efectiva que se podrá plantar con los árboles.

Factores limitantes para el desarrollo de plantaciones con pilón

El pilón es una especie con alto grado de tolerancia a condiciones marginales de suelo. Sin embargo, no crecerá bien en sitios con problemas de drenaje o encharcamiento. Se ha observado que presenta limitaciones en su crecimiento inicial en sitios con algún problema de compactación, pero que son superables mediante el uso de hoyadora o mejor aún, con preparación del suelo.

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 (lomas) respecto a terrenos de topografía cóncava (honduras). De manera preferible, se debe plantar en sitios con precipitación de al menos 2000 mm al año, con un periodo seco continuo no mayor a los 3 meses, en altitudes entre el nivel del mar hasta los 600 m.s.n.m.

El uso previo de la finca es de gran valor para estimar posibles factores limitantes. En orden de degradación del suelo y su impacto en el desarrollo potencial de la especie, está la ganadería extensiva, el sobrepastoreo y la quema constante. En los trabajos de Zech (1994) se menciona que a mayor cantidad de años bajo pastoreo (> 9 años), menor será el potencial productivo del sitio para reforestación. Si el terreno ha estado bajo uso previo con un cultivo agrícola intensivo y con excesiva aplicación de agroquímicos (ejemplo piña), es muy probable que mantenga poca materia orgánica y baja actividad biológica que afectará la productividad. Si previamente ha estado bajo algún cultivo agrícola menos intensivo (granos, yuca, otros), o con plantaciones forestales, probablemente se tengan condiciones favorables de sitio para plantar al pilón.

Muestreo de suelos

Para la determinación de la fertilidad de un suelo previo al establecimiento de la plantación, el primer paso es realizar un muestreo del suelo. Una buena muestra permitirá tener información certera sobre el sitio a plantar y conocer si existen limitantes y las posibles formas de mejora. Conociendo la importancia de esta fase, se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones para la toma correcta de una muestra de suelos:

El sitio para plantar debe ser analizado y segmentado en sectores o unidades de muestreo con características similares. Se establecen como sectores o lotes diferentes cuando hay variación en la topografía (sitio plano y sitio en pendiente), uso anterior diferente (bosque, cultivo o ganadería), o cuando hay límites naturales como una quebrada, un humedal o un río.

En cada lote se deberá tomar entre 4 y 5 muestras compuestas de suelo, basadas cada una de ellas en 4 o 5 submuestras, a dos profundidades

(0 a 20 cm y 20 a 40 cm). Que serán luego combinadas en dos muestras independientes para cada profundidad. Las muestras se deberán llevar a un laboratorio de suelos para su respectivo análisis. Una sola muestra compuesta puede representar entre 1 y 20 ha de extensión siempre y cuando el lote sea homogéneo.

Para el muestreo se debe contar con un palín o un barreno, dos baldes o bolsas identificadas para cada una de las dos profundidades de la toma de muestras.

Para el muestreo de cada lote debe:

- Limpiar la zona donde va a tomar cada submuestra de suelo, eliminando la vegetación existente (Figura 1.1 y 1.2).



Figura 1. Paso para una correcta toma de muestras de suelo en plantaciones forestales. 1. Limpieza de la zona que va a extraer la muestra. 2. Extraer la muestra con el barrero o pala. 3. Colocar las submuestras en una bolsa o balde. 4. Cuarteo de las submuestras. 5 y 6. Empaque y rotulación de las muestras.

- Con el palín o barreno tomar una muestra de 0 a 20 cm de profundidad y otra muestra separada de 20 a 40 cm. Colocar cada una de las submuestras de forma separada en el balde o bolsa respectiva (Figura 1.3).
- Recorrer todo el sitio para tomar de 16 a 20 submuestras por lote.

En cada lote, una vez que se han tomado todas las submuestras se procede a mezclar bien el contenido de cada balde o bolsa. Esa mezcla se divide en cuatro partes, que es lo que se conoce como “cuarteo”; una de las cuatro partes será la muestra compuesta que es la que se envía al laboratorio para análisis. Esta debe ser de entre 0,5 y 1 Kg (Figura 1.4).

Cada muestra compuesta se debe colocar en una bolsa plástica y se debe rotular indicando la fecha de muestreo, la profundidad, el sitio de donde procede (Caserío, Distrito y Cantón), así como el cultivo presente si aplica (Figura 1.5 y 1.6).

Diseño de plantación

El pilón es una especie de largo crecimiento o ciclo largo que se puede planificar para producir madera en un periodo de 16 a 18 años. Los mejores espaciamientos utilizados han sido el 4 x 3 m, 4 x 3,5 m y 4 x 4 m. En el caso del 4 x 3,5 m ofrece casi 100 árboles más por hectárea en comparación con el 4 x 4 m (625 árboles/ha), con resultados de crecimiento muy similares, por lo que se ha popularizado en los últimos años.

El mejor espaciamiento será aquel que maximice la productividad ($m^3/ha/año$) e ingresos, aumente la calidad de fuste (tronco recto, menor ramificación, minimice rama gruesa, produzca copa más estrecha) y simultáneamente, reduzca los costos de manejo (principalmente en el control de malezas) y reduzca el tiempo de cosecha.

Espaciamiento ideal será el que logre combinar estos factores productividad (+), calidad de fuste (+), ingresos (+), costos (-), tiempo (-)

Debido a que su tasa de crecimiento inicial es baja se podría considerar un mayor espacio entre calles, con el propósito de asociar el cultivo del pilón con cultivos anuales como maíz, frijol, yuca, por ejemplo, un 5 x 3 m (667 árboles/ha). Estos cultivos asociados podrían asumir los costos del control de malezas y fertilización en los primeros dos años de la plantación, que significan más del 55% del costo total del proyecto.

El espaciamiento que se vaya a utilizar para esta especie debe tratar de que el primer raleo ocurra a partir del año cinco, dado que por lo general es de baja rentabilidad. Se podría considerar la posibilidad de plantar los árboles en un diseño rectangular o en tres bolillo, con el objetivo de lograr un mejor control de la erosión y una mejor distribución de raíces y copas con una mayor cobertura contra la acción del viento.

Preparación del terreno para el establecimiento de la plantación

Una preparación adecuada de sitio es necesaria para garantizar un buen crecimiento inicial de los árboles, que podría a la vez lograr que la plantación se mantenga limpia de malezas durante más de dos meses al inicio. Entre las labores más importantes se encuentran la limpieza inicial del sitio, la construcción de drenajes (cuando sea necesario) y la preparación mecanizada del suelo cuando haya disponibilidad de recursos y el terreno lo permita (pendientes < 20-25%).

Limpieza del sitio y establecimiento de drenajes

Cuando el sitio a plantar posee arbustos, malezas u otro tipo de vegetación que imposibiliten plantar los árboles, es necesario una intervención planificada, que logre eliminar árboles remanentes, troncos o toda clase de residuos de otros cultivos o malezas. El barrido con maquinaria puede ser una excelente opción en sitios con mucha vegetación, bosque secundario, etc, en sitios con pendiente menor al 25% y en zonas donde haya disponibilidad de equipos (Figura 2). La limpieza de un sitio puede también ser realizada de forma manual, química o mediante la combinación de las anteriores. La selección del método de limpieza dependerá del área y pendiente del terreno, de la disponibilidad de mano de obra, de maquinaria y del presupuesto disponible.



Figura 2. Barrido mecanizado para plantación en sitios con presencia abundante de leñosos y vegetación.

El control inicial de malezas al momento del establecimiento de plantaciones tiene como objetivo eliminar la competencia por luz, agua, espacio y nutrientes, que serán esenciales para los árboles en el arranque de la plantación. El objetivo será que el terreno se mantenga limpio el mayor tiempo posible, al menos los dos primeros meses de establecida la plantación, con posibilidad de hasta tres.

La construcción de drenajes primarios y secundarios se emplea en sitios con excesiva humedad, con eventos periódicos de anegación o encharcamiento, ya que el agua no debe permanecer alrededor del árbol por más de dos a tres días como máximo. Un buen diseño de drenajes en sitios planos previene futuros problemas como aparición de enfermedades en raíces y una baja tasa de crecimiento (Figura 3). A pesar de que el pilón es una especie relativamente tolerante a sitios con anegamiento frecuente durante el período lluvioso, su crecimiento se verá disminuido en condiciones de extrema humedad.



Figura 3. Drenaje secundario en finca de zona baja con problemas de encharcamiento de agua, Zona Norte de Costa Rica.

Preparación del suelo

Una de las técnicas que se utilizan cuando se quieren mejorar las limitaciones físicas de un suelo es la preparación mecanizada o labranza (Figura 4). Los objetivos de esta actividad buscan mejorar la estructura del suelo, reducir la densidad aparente o compactación, mejorar la aeración, el movimiento superficial e interno del agua, e inclusive mejorar la disponibilidad de nutrientes. A pesar de sus grandes beneficios no todos los suelos pueden ser mecanizados; por ejemplo, sitios con pendiente mayor a 25-30%.

Las actividades de labranza utilizadas en plantaciones forestales varían desde la preparación del suelo en profundidad, con el uso de subsoladores de hasta 90 cm, hasta una labranza menor que utiliza rastra de discos o arado de cincel que rompen poco más de 30 cm de profundidad. Algunas empresas han incursionado en la construcción de camellones o lomillos, que son comunes en cultivos agrícolas

para facilitar la salida del agua. Esta técnica busca crear un ambiente adecuado para el desarrollo radicular ya que mejora la aireación, la disponibilidad de nutrientes, aumenta el volumen de suelo disponible y reduce el riesgo de encharcamiento.



Figura 4. Acondicionamiento de residuos, labranza vertical del suelo (subsolado), marcación con cal, previo al establecimiento de la plantación forestal, Zona Norte de Costa Rica.

Una mala ejecución de las prácticas de mecanización podría generar efectos adversos como aumento en los procesos de erosión o alteración de las propiedades físicas del suelo, o hasta una degradación del perfil del suelo. Como principio básico, la dirección de la preparación del terreno debe ir en dirección transversal (opuesta) a la pendiente principal, para reducir la velocidad del agua y su efecto erosivo. El principio es promover técnicas que favorezcan la conservación del suelo. En terrenos con pendientes fuertes o superiores al 20%, es recomendable la construcción de cajones o gavetas rectangulares, en forma perpendicular a la pendiente, con las que se espera se logre reducir la velocidad del paso del agua.

El uso de la hoyadora o perforadora manual individual, ha permitido un grado de preparación importante alrededor del árbol, de gran valor en aquellos sitios donde no es posible realizar una preparación mecanizada del terreno. Con estos equipos se logra crear un cilindro de suelo suelto alrededor del arbolito, que puede alcanzar 30 a 40 cm de profundidad y 15 a 20 cm de diámetro.

Corrección de la acidez

La acidez del suelo es uno de los problemas más comunes en suelos tropicales y en zonas de alta precipitación. La acidez excesiva comúnmente se registra en los análisis de suelo como una saturación alta de aluminio ($> 20\%$) o un pH con valores < 5.5 . Esto produce un fenómeno químico que impide que la planta pueda adsorber los nutrientes del suelo, aun cuando estén presentes, con lo cual afecta directamente el crecimiento y hasta la calidad de los árboles. Esto se refleja en un menor crecimiento, menor volumen comercial y menor ganancia para el productor. Para corregir el problema de suelos ácidos se utiliza la técnica del encalado. A pesar de que se estima empíricamente que el pilón tolera suelos ácidos, por lo general los árboles aumentan su tasa de crecimiento cuando se corrige la acidez y se aplica fertilización. En términos generales cuando el pH del suelo se encuentra entre valores de 5.5-6.5, se logra una buena nitrificación y un buen suministro de calcio y magnesio, con pocos problemas de deficiencias de elementos menores como hierro, manganeso, cobre y zinc y una disponibilidad de fósforo adecuada.

¿En qué consiste el encalado?

Las fuentes carbonatadas tienen un efecto residual prolongado en el suelo de poco más de un año. Como principio, es preferible su aplicación en dosis no mayores a 1 o 1,5 Toneladas/ha y repetir la encalada una o dos veces durante el primer año. El suelo no logrará asimilar de manera eficiente el efecto de la cal si aplicamos dosis muy altas al inicio (dos o más toneladas/ha).

El uso del encalado para la corrección de la acidez del suelo debe considerar varios factores como: pH del suelo, tipos de cal, tamaño de la partícula del material encalante, solubilidad, método de aplicación, época correcta de aplicación y dosis a aplicar. Por lo general, entre más fino el grano de la cal, la reacción química de neutralización ocurrirá más rápido y con mayor eficiencia.

Método y época de aplicación de la cal

La cal se puede aplicar durante la preparación mecanizada del terreno cuando sea viable. Con esto se logra una mejor penetración en el horizonte del suelo. Una segunda opción es utilizar la cal al momento de la siembra. El producto se distribuye homogéneamente al fondo del hoyo y a su alrededor, con el cuidado de agregar una porción de tierra para evitar el contacto directo con la planta.

Una vez plantados los árboles, la cal se podrá aplicar alrededor de la planta (rodaje), en la línea de plantación (banda) o en la totalidad del terreno como se muestra en las Figuras 4, 5 y 6.

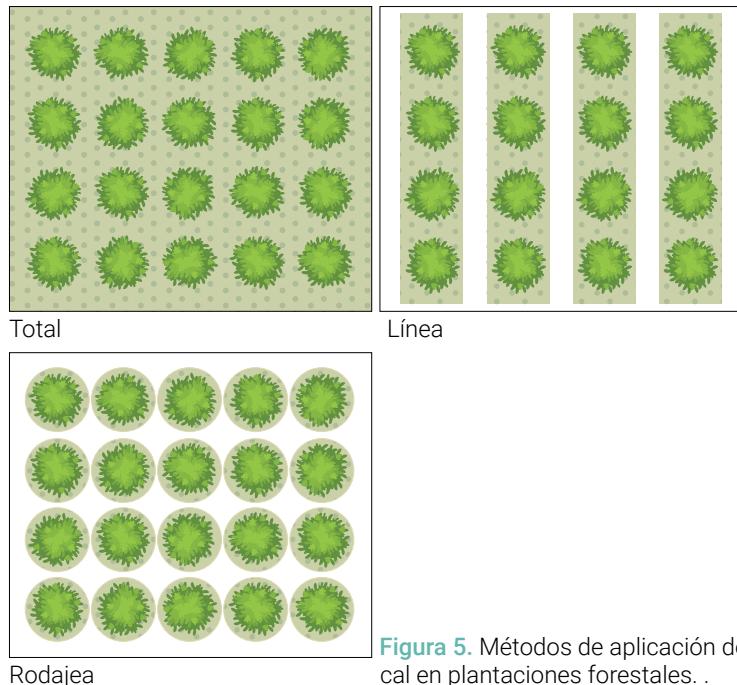


Figura 5. Métodos de aplicación de cal en plantaciones forestales.

Una buena planificación buscará aplicar la cal al menos un mes antes de plantar los árboles, con el propósito de lograr que la reacción de neutralización de la acidez ya haya ocurrido cuando se siembran los árboles. Con esto, se puede lograr fertilizar al momento de la siembra.



Figura 6. Métodos de aplicación de cal en plantaciones. Cal alrededor del árbol individual (a y b), cal en la línea de siembra (c). Zona Norte y Zona Caribe de Costa Rica.

Cálculo de dosis de encalado

Un buen criterio de referencia de amplio uso en el país, ha sido utilizar la relación de encalado desarrollada para el cultivo del café, que se basa en el porcentaje de saturación de acidez.

$$\frac{\text{Ton}}{\text{ha}} \text{ de material encalante} = \frac{1,5 (\% \text{SA} - \text{RAS}) \times \text{CICE}}{\text{PRNT}}$$

Donde

%SA = Porcentaje de saturación de acidez que se obtiene del análisis de suelos. Si no está en el reporte del suelo se puede estimar de la siguiente manera: %SA = (acidez/CICE)*100

CICE = suma de las bases más la acidez (Ca+Mg+K) + Acidez intercambiable (Al+H)

RAS = Porcentaje de saturación de acidez deseado o tolerado por el cultivo.

PRNT = Poder relativo de neutralización total del material encalante.

Ejemplo de aplicación

Se seleccionó un sitio en Pital de San Carlos para el establecimiento de una plantación donde el análisis de suelo correspondiente se muestra a continuación:

Cuadro 1. Resultados del análisis químico completo del suelo en Pital de San Carlos, Zona Norte de Costa Rica.

Análisis químico de suelos													
Solución Extractora:		pH	cmol(+) / L				%	mg / L					
KCl-Olsen Modificado		H ₂ O	ACIDEZ	Ca	Mg	K	CICE	SA	P	Zn	Cu	Fe	Mn
ID USUARIO	ID LAB	5,5	0,5	4	1	0,2	5		10	3	1	10	5
PITAL - 0-20 cm.	S-17-08563	5,0	1,56	2,87	1,60	0,22	6,25	25	1	2,9	11	187	154

Con base en el análisis se realizan los siguientes pasos:

Paso 1: Identificación del problema o grado de acidez. Como se ve en el análisis de suelos el sitio registró un pH ácido (5,0), el porcentaje de saturación de acidez (SA%) es alto (25 %) y la acidez es mayor al máximo recomendado (1,56>0,5), por lo que se necesita realizar una corrección de la acidez.

Paso 2. Definición del material encalante a utilizar: Para este caso el valor de calcio (Ca) es menor al mínimo recomendado, mientras que el valor de magnesio (Mg) es superior al valor recomendado. Por tal motivo se recomienda aplicar carbonato de calcio, cuyo producto registra un PRNT de 84,8%. Otros tipos de cal más finas el PRNT puede superar el 90%.

Paso 3. Definición del porcentaje de saturación de acidez deseado (RAS). De acuerdo con Molina y Alvarado (2012), un porcentaje de saturación de acidez del 15% es el límite máximo adecuado para el establecimiento de plantaciones forestales.

Paso 4. Aplicación de la fórmula

$$\frac{\text{Ton}}{\text{ha}} \text{ de material encalante} = \frac{1,5 (25 - 15) \times 6,25}{84,8} = 1,11 \text{ Ton/ha}$$

Se requiere aplicar 1,11 toneladas/ha de cal para disminuir el porcentaje de saturación de acidez de un 25% a un 15%. Dependiendo del método de aplicación, así se deberá analizar la cantidad de cal por aplicar. Si se aplica, por ejemplo, 100 g al fondo del hoyo y alrededor en la rodaja, y si se planta 715 árboles/ha x 100g = 71,5 k de producto. Por lo general, la cal se compra en presentaciones de 50k, entonces se requerirá comprar 2 sacos de cal por hectárea.

Si la cal se aplica en la banda de siembra con un metro de ancho (Figura 6.c). Se asume que en una hectárea imaginaria plantada a 4 x 3,5m de distancia habrá 100/4m = 25 callejones de 100 m de largo. Entonces 25 bandas x 1m de ancho x 100 m de fondo = 2500 m² de superficie, que equivale a un 25% de una hectárea. Por tanto, si la recomendación es la de aplicar 1,11 Ton/ha (10 000 m² de superficie), se necesitará un 25% de ese valor, que corresponde con 1,11/4 = 0,3 Ton o 300 k de cal. Si la

cal se oferta en sacos de 50 k, entonces se necesitará aplicar 6 sacos de cal por hectárea.

El encalado no debe superar 1 a 1,5 ton/ha en la primera aplicación y debe realizarse al menos un mes antes de iniciar con el programa de fertilización. La aplicación de la enmienda se debe realizar con el suelo húmedo, pero evitando periodos de fuertes aguaceros que causen escorrentía superficial y que laven el producto.

La frecuencia de aplicación de la cal es otro elemento importante para la toma de decisiones, ya que puede variar en relación con el tipo de producto. Por lo general, se ha observado que es mejor fraccionar la aplicación de la cal y aplicarla en dos o tres eventos al año. Es decir, un mes antes de plantar los árboles, al mes 3 y al mes 7 después de establecida la plantación.

El uso del mejor material genético disponible

Al igual que en un cultivo agrícola o actividad ganadera, el uso del mejor material genético disponible es esencial para el éxito de la plantación con pilón y su rentabilidad. Los árboles plus o individuos de excepcional crecimiento y forma de tronco, garantizan una tasa de productividad mayor así como un árbol con mejores características para su industrialización final. Un árbol plus es un individuo que ha superado varios filtros de evaluación de campo, por lo que representa una forma segura de iniciar con un cultivo de madera de pilón.



Figura 7. Planta clonada de pilón, procedente de la colección élite de árboles plus del programa de mejoramiento genético de GENFORES (Cooperativa de Mejoramiento Genético Forestal, Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica).

La calidad genética tiene varios niveles de excelencia, desde semilla procedente de rodales semilleros o árboles plus (propio de programas de mejoramiento genético iniciales), hasta semilla de huertos semilleros

y mejor aún, de clones que hayan sido evaluados o verificados por su excelencia en campo. Del material clonal ya se cuenta en el país y está disponible para su utilización. Existe un nivel de calidad genética aún más alto, que consiste en utilizar semilla o clones de segunda generación de mejoramiento genético. Para esta especie no se cuenta aún con esta calidad de material genético, pues forma parte de un proceso de mejoramiento genético más complejo, que involucra necesariamente el desarrollo de acciones de cruzamiento controlado entre los mejores individuos. Sin embargo, si se cuenta con semilla de polinización abierta de segunda generación que aún no ha sido evaluada pero que pronto estará disponible para el sector forestal nacional.

¿Cómo se debe plantar los árboles?

Realice un hoyo de aproximadamente 30 cm de profundidad o dos veces la altura del arbólito. Preferiblemente utilice un hoyador para realizar esta labor de forma mecanizada. Limpie en tierra con una pala ancha, una superficie de 1 m de diámetro (rodajea) alrededor del árbol.

Coloque en el fondo del hoyo aproximadamente 100 a 150 gramos de fertilizante rico en fósforo (puede ser 10-30-10 o 12-24-12). El fertilizante se debe mezclar con el suelo para evitar que toque las raíces de la planta.

Posicione en forma recta el árbol en el centro del hoyo.

Llene con tierra el hoyo, presione alrededor del árbol hasta dejarlo firme y evitar dejar espacios internos vacíos. El árbol debe quedar levantado sobre el nivel del terreno, de modo que el agua no se encharque alrededor y escurra de forma libre.

No cometa los siguientes errores

1. Enterrar el tallo
2. Poner poca tierra en el hueco, provoca que el agua se encharque
3. Sembrar el arból torcido
3. Dejar el jiffy desenterrado
5. Plantar el árbol con la bolsa

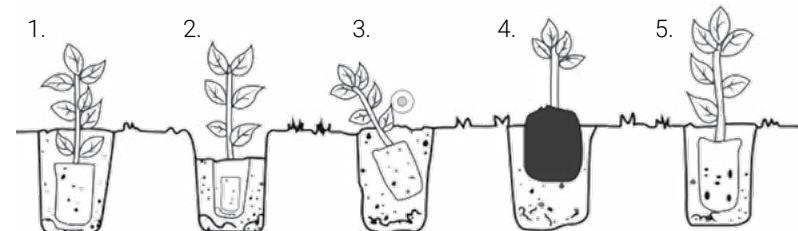


Figura 8. Errores comunes que se deben evitar al momento de plantar un árbol.

Evaluación de la calidad del establecimiento

Para determinar si una plantación fue establecida correctamente, se pueden evaluar criterios relacionados con el establecimiento y con la calidad de la planta (Figura 9). Mediante un procedimiento de muestreo se puede verificar en campo la calidad de cada árbol plantado. De manera ideal, este procedimiento se debe realizar en las primeras tres semanas después de establecida la plantación.



Figura 9. Planta de pilón clonal vigorosa y bien establecida en campo, con la rodaja aún presente y aceptable control de malezas.

El muestreo se puede realizar con parcelas temporales en forma de "L" como se muestra en la Figura 10. El método consiste en establecer una a dos parcelas por ha a partir de algún método aleatorio, donde se ubica el árbol inicial que será el vértice de la parcela. Este árbol será evaluado y los siguientes 7 continuos en la columna y otros 7 árboles en la fila, lo cual da como resultado 15 posibles árboles en la parcela. Para localizar la primera parcela el técnico se debe preferiblemente ubicar en una esquina o en la orilla de la plantación. Se elige un número aleatorio del 0 al 9, por ejemplo # 7, se debe entonces localizar al árbol 7. Desde ese

árbol se avanza entonces sobre la fila hasta encontrar el árbol 7, el cuál será el vértice o punto inicial de la parcela de muestreo. Las siguientes parcelas se ubicarán cada 20 árboles. Observe que el conteo de las plantas se realizará a pesar de que haya alguna faltante.

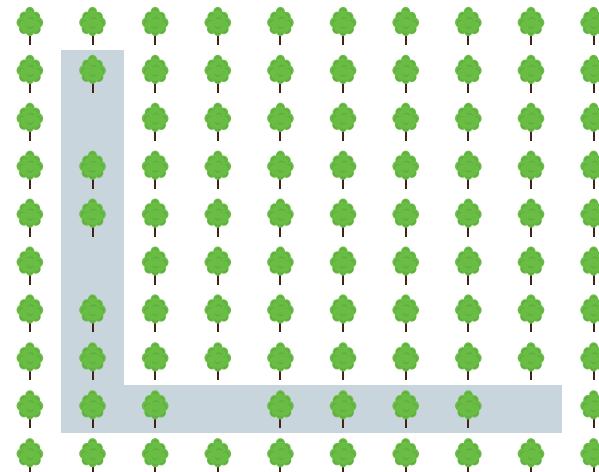


Figura 10. Parcela de muestreo en "L" con 8 árboles en la columna y 7 en la fila.

A cada árbol incluido en la muestra se le evalúan todos los criterios tal y como se indica en la Cuadro 2. Los primeros cinco criterios de izquierda a derecha verifican la calidad de la planta que llegó a campo que se califican con un "1" en cada variable cuando es una planta idónea. De seguido se evalúan las cinco variables y se obtiene una sola calificación denominada Calidad de la Planta, que se califica en una escala de 1 a 3. Donde un valor de "1" corresponde con una planta de la más alta calidad o idónea y un valor de "3" para una planta no aceptable para plantar. Por ejemplo, una planta recién establecida no debe haber llegado bifurcada de vivero (se califica con "2"). Una planta con deficiencia nutricional recibirá una calificación de "2", pero no se debe considerar como una situación grave o discriminante, ya que es una situación corregible. Una planta excesivamente alta ($> 30-35$ cm) puede dañarse durante el transporte y en las labores de plantación. Una planta excesivamente

pequeña (< 15 cm) tiene un riesgo alto de mortalidad a pesar de haber sido significada de manera adecuada.

A la derecha siguen cinco criterios de evaluación para verificar la calidad de establecimiento de la plantación, que, de igual manera, se integran al final en una variable denominada Calidad de Siembra, que se califica en una escala de 1 a 3. Un valor de "3" corresponde con una planta que fue establecida en campo de manera inaceptable. Una inclinación severa es un criterio descalificante, así como una planta en riesgo de inundación, una planta floja, que en estos casos deben ser calificados con una calidad de siembra "3".

Cuadro 2. Criterios de evaluación de la calidad de establecimiento de plantaciones forestales.

Plan	h total (cm)	No. hojas	Bifurcación (1 ó 2)	Deficiencia nutricional (1 ó 2)	Sanidad (1 o 3)	Calidad de la planta (1 ó 3)	Daño mecánico (1 ó 2)	Inclinación severa (1 ó 2)	Daño en el ápice (1 ó 2)	Riesgo de inundación (1 ó 2)	Planta floja (1 ó 2)	Calidad de siembra (1 a 3)
1												
2												
3												
4												

Con los resultados puede realizarse un análisis simple para determinar la calidad de plantas o la calidad del establecimiento. Para esto se revisa el resultado de la evaluación de la calidad de plantas que llegaron del vivero al campo (primera mitad del formulario), así también el detalle de cómo fueron calificadas en su calidad de plantación en cada categoría de 1 a 3 respectivamente. Si por ejemplo se registraron $n_1 = 12$; $n_2 = 3$ y $n_3 = 1$ (n es la suma todos los individuos con una misma calificación), la calidad de la plantación sería:

$$\frac{n_1 * 1 + n_2 * 2 + n_3 * 3}{n_1 + n_2 + n_3} = \frac{12 * 1 + 3 * 2 + 1 * 3}{16} = 1,31$$

Si transformamos este valor de 1,31 en una escala de 1 a 100 para facilidad de análisis e interpretación = $(1+(1-1,31)/2)*100 = 84,5$ que es una calificación de calidad buena.

Una buena plantación no debería registrar más de un 5% de plantas de calidad 3 o de calidad de plantación 3, tampoco una calificación global menor a un 70%.

¿Cómo fertilizar el suelo?

La decisión de cuál fertilizante y en qué dosis debe fundamentarse en un análisis de suelo. Por lo general se recomienda fertilizar al momento de la siembra o un mes posterior al encalado. Se inicia con dosis de entre 75 y 100 g de fertilizante granular alto en fósforo (NPK 10-30-10 / 12-24-12), aplicado mediante el método de espeque, con uno o dos hoyos a 10 cm de distancia del árbol. Se puede reforzar a los 3 meses dependiendo de la dosis indicada y el análisis de fertilidad del suelo. Si el encalado se realizó un mes antes de la siembra, entonces se podrá fertilizar al momento de plantar los árboles. En este caso, parte del fertilizante puede ir al fondo del hoyo y el resto se distribuye alrededor de la planta. Cuando la planta ya fue establecida, el fertilizante podrá ser incorporado mediante el espeque o abertura de dos hoyos a 15cm de la planta (Figura 11).



Figura 11. Fertilización aplicada mediante el método del espeque, con la abertura de uno o dos hoyos a unos 15 cm a cada lado del arbolito.

La cantidad de fertilizante por aplicar en el suelo dependerá del estado de desarrollo de las plantas. Al momento de la siembra el sistema radical estará en los próximos 20-30 alrededor de la planta, por lo que la cantidad de fertilizante no debería exceder los 100 gramos por árbol. Si la decisión técnica recomienda volver a fertilizar a los 3 meses, entonces la cantidad de fertilizante deberá aumentar, dado que las raíces ya se habrán extendido al menos 1 metro alrededor del árbol. Una manera práctica es utilizar el diámetro de la copa de los árboles como relación del desarrollo radical, como se muestra en el cuadro 3.

Cuadro 3. Estimación del desarrollo de raíces de los árboles o área de crecimiento, en relación con la edad en la plantación forestal. Se asume que los árboles se plantan en callejones de 4m de ancho y la distancia entre árboles dentro de la línea de plantación puede ser variable (4mx3m, 4mx3,5m, 4mx4m como los más utilizados hoy día). En una hectárea habrá 25 callejones.

Edad	Siembra, Día 1	Mes 3	Mes 6	Mes 9	Año 1
Proporción del terreno ocupado con raíces	0,15 m a cada lado (10% del área)	0,4 m a cada lado (20% del área)	0,75 m a cada lado (37% del área)	1 m a cada lado (50% del área)	1,5 m a cada lado (75% del área)

El porcentaje de área de terreno cubierta por raíces determina la proporción de la hectárea que debe recibir fertilizante o cal. Con esto se evita desperdiciar producto, ser más eficiente y bajar costo. Si por ejemplo se inicia con 75 g por planta al momento de la siembra (75 g x 714 plantas = 53,5 kg), se requiere adquirir aproximadamente 1,2 sacos de 45 kg cada uno. Si se desea reforzar con la misma dosis a los tres meses, las plantas habrán crecido y aumentado significativamente su biomasa y expansión de raíces. Por lo que ahora se necesitará distribuir el fertilizante en una superficie mayor equivalente a un 20% de la hectárea, que en términos prácticos será de 4 veces la cantidad inicial (75 g x 4 x 714 árboles = 215 kg en 4,8 sacos). **El diámetro de copas podrá determinar el área de expansión de las raíces.**

Como principio general se debe tener como meta, incrementar el crecimiento de los árboles hasta lograr alcanzar el cierre de copas lo antes posible. Con esto, **se reducirá el costo del control de malezas** que es la actividad más costosa del cultivo del pilón. La fertilización traerá entonces dos objetivos importantes, aumentar las dimensiones de los árboles y reducir el gasto en el control de malezas.

Resiembra

Es normal que al momento de plantar árboles ocurra mortalidad causada por factores bióticos (plagas y/o competencia con malezas), por factores abióticos como el efecto del viento, encharcamiento o inundación, sequía prolongada, alta temperatura o por una mala ejecución del proceso de plantado. La resiembra es una actividad con un costo significativo, por lo tanto, si la mortalidad es menor a un 10% y no ocurre de forma localizada por sectores, sino que se distribuye por toda la plantación, no es relevante y no tiene mayor efecto en el crecimiento, ni en el volumen final esperado.

Cuando la mortalidad supere significativamente un 10% de los árboles plantados, o también, si ocurre localizado dejando espacios amplios sin árboles, entonces se recomienda resembrar en los primeros 60 días. Posterior a los dos meses, no se recomienda la resiembra ya que los árboles de reemplazo no alcanzarán a los ya establecidos y se convertirán a futuro en árboles de raleo, lo que no sería rentable para la plantación.

Mantenimiento y manejo de la plantación

Control de malezas

Las malezas son plantas sin valor económico para el productor que crecen dentro de la plantación de pilón y que pueden afectar su crecimiento y productividad en general. Se debe realizar su control porque pronto competirán por espacio, agua, luz y nutrientes. Además, dificultan el acceso a la plantación y algunas de ellas podrían ser hospederos de plagas y enfermedades.

El control de malezas debe planificarse bien, ya que puede representar hasta casi un 30% de los costos totales de una plantación en todo su ciclo. Esta debe ser una actividad de manejo bien estructurada, debido a que el control que no se hace a tiempo puede provocar mayores gastos y hasta mortalidad en la plantación.

¿Cuándo y con qué frecuencia realizar el control de malezas?

La cantidad y frecuencia de las actividades de control dependerá de las condiciones climáticas (lugares con mayor precipitación requerirán mayor frecuencia de control), del espaciamiento inicial utilizado, el tipo de maleza presente. Las gramíneas (pasto) son una de las malezas más agresivas, tanto en la raíz como en follaje, y debe ser controlada lo antes posible. La presencia de pastos y arvenses (malezas) reduce significativamente el crecimiento y aumenta la mortalidad inicial de la plantación (Figura 12). El bejuco es otra maleza sumamente dañina y si no se le controla a tiempo, rápidamente ocasionará la torcedura del tallo y hasta estrangulación de los árboles con un alto impacto económico.



Figura 12. Planta de pilón invadida por gramínea y bejuco por falta de control oportuno de malezas.

Métodos de controlar malezas

Existen distintos tipos de control dentro de los cuales destacan:

- **Manual:** Se puede utilizar machete, pala o azadón. Se debe tener cuidado de no causar daño a la base del árbol. Idóneo para sitios con pendientes moderadas a altas y durante los primeros 2 a 3 meses de establecida la plantación. Por lo general se recomienda realizar primero una rodaje amplia con pala ancha de al menos 1m de diámetro, para luego proceder a eliminar la maleza de la entrecalle y de los espacios entre árboles con una motoguadaña.
- **Mecánico:** Se basa en el uso de motoguadaña o de un tractor agrícola con una chapeadora incorporada. Este implemento puede venir con cuchillas o con cadenas que muelen y destruyen la planta. Generalmente este tipo de control se realiza en la entrecalle de la plantación. Aquí es relevante un distanciamiento entre calles de al menos 3,5 o 4 m que permita el paso del tractor agrícola.

- **Químico:** Consiste en la eliminación de arveses mediante la aplicación de herbicidas (Figura 9). Los productos químicos más utilizados son el glifosato, el metsulfurón methyl, el de contacto paraquat, así como herbicidas preemergentes como el Oxifluorfén. El método químico suele ser el más utilizado dada su eficacia y bajo costo. Sin embargo, su utilización en los primeros meses de la plantación debe ser realizado con gran cuidado, o con el uso de equipos que eviten el daño por deriva (gas) del herbicida. De manera ideal, el control químico podría iniciarse una vez que las plantas superen 1 m de altura, que en el caso del pilón ocurrirá alrededor de los 4 a 6 meses de plantado.
- **Utilización de coberturas:** Es una opción válida en muchos sitios que se fundamenta en la siembra de alguna planta rastreña de baja competencia con el árbol. Por lo general se utilizan plantas leguminosas y cubren toda la superficie de la plantación. Entre las más comunes se encuentran *Canavalia ensiformis*, *Crotalaria juncea* y *Vigna radiata*.

Los métodos de control de malezas podrán ser alternados con el fin de reducir costos y obtener mejor resultado (Figura 13).



Figura 13. Plantación joven con excelente control mecánico y químico de malezas, Zona Norte de Costa Rica.

Niveles de control

Dentro de la plantación o sistema agroforestal se pueden controlar las malezas en 3 niveles:

Rodajea: se realiza principalmente cuando los árboles son jóvenes y consiste en la eliminación de cualquier tipo de planta alrededor del árbol, en aproximadamente 1 m a la redonda. Se aplica los primeros meses cuando el arbolito aún no supera 1 m de altura y resulte riesgoso el uso de herbicida.

Franja o línea de plantación: Se controla con frecuencia las arveses a lo largo del carril o línea del cultivo de árboles, con un ancho aproximado de 1 m.

La entrecalle: El espacio entre las líneas de siembra. Por lo general no recibe la misma frecuencia de control que los primeros dos niveles. Por lo general es fácil de controlar en forma mecanizada.

Control total: Se elimina completamente la vegetación presente en la plantación.

Acciones de conservación de suelos

En nuestra silvicultura convencional no es común la incorporación de acciones de bajo costo para la conservación de suelos. Esto aplica principalmente en terrenos con pendientes superiores al 10%, en lomas cortas y en regiones de alta precipitación. El principio básico es reducir la velocidad del agua superficial o de escorrentía para evitar la pérdida del recurso suelo. Como elemento básico, la línea de plantación o la entrecalle, debería establecerse en contorno y transversal a la pendiente, de ser posible siguiendo la curva de nivel.

Otra acción simple y de bajo costo consiste en establecer con la pala una mini terraza alrededor del arbolito, con inclinación hacia el lado interno de la ladera. El arbolito debe quedar plantado ligeramente por encima del nivel del terreno. Además, cuando se realice la labor de rodaje o limpieza alrededor del arbolito, el excedente de tierra o malezas se debe colocar del lado opuesto a la pendiente del terreno.

Otra acción eficiente es la de mantener alguna vegetación en la entrecalle a una altura controlada, preferiblemente no gramínea (pasto), que evite que el terreno quede desnudo. En este sentido, el control de malezas debería realizarse de una manera menos agresiva. Esto podría también incluir la siembra de alguna vegetación o cobertura que controle la gramínea u otro tipo de malezas.

Los caminos que va abriendo el paso del agua deben ser reducidos o neutralizados. El mismo terreno irá indicando por donde está pasando el agua con mayor velocidad. En estos caminos de agua se pueden abrir gavetas transversales a la pendiente, semejantes a las que se utilizan en el cultivo del café, de modo que sirvan de trampa o disminución de la velocidad del agua.

La Poda

La poda tiene como objetivo eliminar ramas o también corregir la pérdida de dominancia apical (guía principal) para aumentar el valor futuro de la madera del árbol. La poda eliminará la presencia de nudos en la madera comercial que se obtendrá durante el aserrío y podrá también, aumentar la altura comercial de un árbol que tuvo una bifurcación temprana.

Las plantaciones de pilón pueden tener al menos tres tipos de poda.**1)** La primera poda es la conocida como poda de formación (eliminación de bifurcaciones), que a pesar de ser poco común en pilón, por lo general se realiza durante los primeros 6 a 9 meses cuando sea requerido. La causa de este daño puede ser desde el ataque por hormiga, alguna otra plaga, efecto del bejuco, viento o cualquier otro factor que dañe la yema terminal. A temprana edad es todavía posible recuperar un tronco recto de una bifurcación en la mayoría de los casos. En caso extremo donde no se observe una recuperación de la dominancia apical del árbol, se recomienda cortar el arbolito por debajo de la bifurcación para estimular el surgimiento de un nuevo rebrote.

2) La segunda poda es la más común y consiste en la eliminación de las ramas de abajo hacia arriba, hasta "limpiar" segmentos de al menos 2 a 3 m de longitud, que será la futura troza comercial. Debe tenerse el cuidado de no podar más del 50% de la altura de la copa del árbol, para evitar un efecto negativo en el crecimiento del árbol. Entonces, si se desea podar 2,5 m de altura, la altura total del árbol deberá superar los 5 o 6 m. Esta poda se podrá realizar aproximadamente entre 1,5 a 2 años. Un año después se podrá subir la poda hasta completar dos trozas libres de nudos, que aproximadamente será hasta los 5 m de altura. De nuevo deberá respetarse la regla de no sobrepasar el 50% de la altura de copa. Subir la poda hasta una tercera troza (7,5 m de altura), se justifica solamente en árboles meta (cosecha final) y si el mercado demanda esta madera y sus productos, que serán sin duda de mayor calidad. Para realizar esta poda alta se deberá marcar previamente los árboles meta de la plantación, que corresponde con los mejores 350 a 400 individuos por hectárea.

3) Poda de rama gruesa. Este defecto es poco común en el pilón, pero si aparece es recomendable su eliminación lo antes posible. La rama

gruesa consume muchos recursos del árbol y crece a mayor velocidad que las demás ramas. Aparece por lo general en los primeros 5 a 6 m de altura y puede observarse desde los dos años. El riesgo con la rama gruesa es que ésta se podrá desgajar durante eventos de lluvia y viento fuerte, dejando una herida importante o hasta descopar completamente al árbol. El otro riesgo es la producción de un nudo de mucho mayor magnitud, que aparecerá en el producto final y se convertirá en un punto débil o de falla física-mecánica de las piezas de madera.

Con respecto al corte de la rama debe ser lo más limpio posible y dejar un segmento pequeño de la rama o tocón. Debe evitarse realizar un corte muy profundo que elimine la garganta de la rama (arrugas visibles por debajo de la rama) ya que puede retrasar el proceso de cicatrización en el árbol y permitir fenómenos de pudrición o ataque de insectos. Dejar un pequeño tocón o segmento de rama (1 cm expuesto) por lo general facilita la cicatrización. Es recomendable utilizar algún sellante para la herida de poda, con el objetivo de prevenir alguna infección causada por hongos o bacterias o ingreso de insectos barrenadores. La herramienta a utilizar dependerá de factores como grosor de rama, ángulo de inserción de las ramas (entre más inclinada más difícil será el corte), altura de poda deseado, dureza de la madera entre otros. La herramienta más común ha sido el serrucho o rabo de zorro, así como el tijerón y la podadora con brazo de extensión. Sin embargo, la motosierra pequeña tiene un rendimiento más alto y produce un mejor corte.

La mejor época del año para realizar la poda es a inicio o al final del periodo lluvioso, ya que disminuye la actividad fisiológica del árbol. Se logra también una mejor cicatrización de la herida en el fuste y disminuye los problemas fitosanitarios asociados.

Una pregunta importante es si se justifica la realización de la poda. Esta actividad tiene un costo y debe recordarse que a mayor altura, menor rendimiento del operario y aumenta el costo. Esta inversión deberá ser entonces compensada a futuro con un mejor precio en la venta de la madera libre de nudos. Si el mercado mantiene un mismo precio por la madera futura con o 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 (Vallejos, 2019).

Manejo de plagas y enfermedades

El manejo integrado de plagas en plantaciones es importante para optimizar su desarrollo. Consiste en la aplicación de un conjunto de tácticas y estrategias de control aplicadas principalmente de manera preventiva, o en su defecto de manera correctiva cuando hay daños o síntomas de enfermedad. Una vez que aparece algún problema fitosanitario, su impacto en la calidad del árbol, en el valor de la madera y en los costos de control será mucho mayor y deberá ser evaluado antes y después de aplicar la estrategia de control.

Algunas de estas estrategias son el control silvicultural (podas, raleos, encalado, otros), biológico (uso de biocontroladores como: *Trichoderma* sp., *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*) y controlquímico (insecticidas, fungicidas, antibióticos, acaricidas, entre otros) cuando sea requerido.

Entre las principales afectaciones por plagas insectiles en Pilón se encuentran: *Ancharia fusca*, *Atta* spp., *Trigona corvina*, y *Pantophthalmus* sp., además de han reportado daños producidos por ácaros de la familia *Eriophyidae*.

***Ancharia fusca* (LEP, Limacodidae)**

Nombre científico: *Ancharia fusca* Stoll.

Nombre común: gusano de montura.

Daño: Esta larva de polilla es un defoliador que corta grandes porciones de la hoja incluso en su totalidad, ya que generalmente ataca en grupos de varios individuos. Es una plaga que ataca al pilón (Figura 14) y también en otros tipos de plantas como la palma de aceite, donde puede causar problemas severos de defoliación (Martínez et al., 2014).

Manejo: No hay ejemplos reportados de esta especie específicamente para pilón, no obstante, para otros cultivos hay casos exitosos de manejo. En primera instancia se ha documentado una efectividad de hasta un 90% de control con un bioinsecticida a base de *Bacillus thuringiensis*, teniendo mejores resultados en las primeras fases de vida de las larvas (hasta 1 cm de longitud) (Barrios et al., 2022). Al utilizar bioinsecticidas se recomienda agregar corrector de pH al agua para su efectivo funcionamiento.

En segundo lugar, se pueden utilizar productos químicos como insecticidas piretroides efectivos para manejar este tipo de plaga, sin embargo, se recomienda hacer en última instancia.

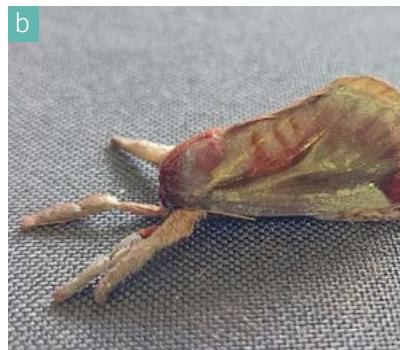


Figura 14. a. Daños producidos por larvas de *Ancharia fusca* en árboles de Pilón, b. Estado adulto de la plaga.

Atta sp. Hormiga cortadora (HYM, Formicidae)

Nombre científico: *Atta* sp.

Nombre común: zompopa, zompopo, hormiga arriera.

Daños: Las hormigas, cortan segmentos de hojas en forma de medialuna (Figura 15), que transportan hasta el nido donde los trituran y utilizan como sustrato para cultivar el hongo del cual se alimentan. Los árboles que sufren el daño pueden reducir su tasa de crecimiento, y si la defoliación se repite, el árbol puede morir si es un árbol joven. El nivel de ataque de esta plaga puede ampliarse a bloques grandes dentro de la plantación y expandirse a un ritmo muy rápido, es por esto que se debe controlar lo antes posible.

Manejo: Para su manejo se pueden recurrir a una combinación de métodos mecánicos, biológicos o químicos. Esta es una plaga difícil de erradicar y la selección del método de control dependerá de la cantidad y tamaño de los hormigueros. La estrategia general busca eliminar el hongo del que se alimenta la hormiga para obligarlas a abandonar su nido. Otras estrategias buscan eliminar la reina, sin embargo es más difícil ya que entre más antiguo sea el nido, a mayor profundidad se encontrará la reina.

Si se realiza un control químico se recomienda utilizar cebos o en casos más específicos insecticidas de contacto, ambos aplicados directamente a las redes de camino que crean las hormigas hasta llegar al hormiguero. Entre los principios activos más comunes se pueden encontrar: octoborato de sodio, sulfaramid, fipronil, piretroide, entre otros.

Cuando el hormiguero llega a tener grandes dimensiones y una afectación severa, se recomienda aplicar insecticida y/o fungicida directamente en todas las entradas con una bomba de aspersión nebulizadora. Esto permitirá la neutralización inmediata de la colonia y lograr que abandonen el territorio cercano a la plantación.



Figura 15. Daño foliar producido por hormiga zompopa. Corte en forma de medialuna.

***Trigona corvina* (HYM, Apidae)**

Nombre científico: *Trigona corvina*.

Nombre común: atarrá, arragre, jicote, enreda pelo.

Daños: *Trigona corvina* es una abeja con aguijón reducido que afecta distintas especies forestales y agrícolas, pero en particular es muy recurrente en plantaciones de pilón (Figura 16). El daño principal lo producen al raspar el tejido vegetal con sus mandíbulas para extraer savia que utilizan en la elaboración de propóleos, un tipo de cemento natural que emplean para proteger sus nidos. Además, pueden generar cortes de meristemos y roen la corteza de los árboles, dejando incisiones que pueden servir como puerta de entrada de otros patógenos al árbol.

A pesar de que el ataque individual no suele ser muy severo, esas abejas son muy recurrentes y pueden causar serios problemas de defoliación en árboles jóvenes.

Manejo: El mejor método de control es destruir el nido para ahuyentar las de la zona de afectación. Se debe tomar en cuenta, y con gran importancia, que esta es una especie de abeja nativa que requiere ser protegida.



Figura 16. Daño en árboles de pilón producido por *Trigona corvina*.

Acarosis (ACA, *Eriophyidae*)

Nombre científico: no identificado, ácaros de la familia *Eriophyidae*.

Nombre común: ácaros, arañitas rojas.

Daños: Aglomeraciones de ácaros diminutos que raspan y succionan la savia de los tejidos más tiernos de los árboles como hojas y tallos jóvenes. Esto causa formación de micro agallas con apariencia de panal y deformación en estos tejidos (Figura 17).

El ataque de esta plaga se da en individuos de distintas edades, pero puede presentar complicaciones graves principalmente en plántulas en vivero o recién plantadas.

Manejo: Se puede recomendar el uso integrado productos de control químico a base de azufre. La aplicación de estos productos debe ser lo más dirigida posible hacia las zonas donde se encuentran los ácaros, ya que normalmente se localizan en el lado inferior de las hojas (envés). En este caso el insecticida debe aplicarse de en dirección hacia arriba para tocar el envés de las hojas.



Figura 17. Daño causado por *Eriophyidos* en hojas de pilón.

Pantophthalmus sp. (DIP, *Pantophthalmidae*)

Nombre científico: *Pantophthalmus* sp.

Nombre común: Mosca barrenadora de Pilón.

Daño: El daño que produce esta plaga es en el fuste del árbol, afectando directamente la madera. El síntoma se observa (Figura 18) como

perforaciones en el fuste de hasta 1,5 cm de diámetro, con secreciones negras que se exudan a lo largo del tronco (Arguedas, Rodríguez & Martínez, 2015). Estas perforaciones pueden llegar hasta a 16 cm de profundidad, con un hoyo central y ramificaciones. Que pueden afectar tanto en albura como en duramen y pueden llegar a superar las 100 perforaciones de diferente tamaño en el fuste de un solo árbol.



Figura 18. Larva de la mosca *Pantophthalmus* sp. con daño en la madera de pilón.

Sumado al daño de minado en la madera, se ha encontrado que las perforaciones hechas por las larvas son la puerta de ingreso a hongos y bacterias que manchan de oscuro la madera. En la Figura 19 se muestra el daño e impacto producido por esta plaga.



Figura 19. Síntoma de la mosca *Pantophthalmus* sp. apreciable en árboles de pilón.

Manejo: No existe una descripción precisa para tratar con manejo silvicultural esta plaga. En Costa Rica, se ha procedido a realizar raleos fitosanitarios, eliminando los individuos que presenten daños. Sin embargo, se puede tener en consideración el manejo de otras plagas con una similitud de ataque (Hilje, 2020). Entre las tantas y muchas maneras que se han probado, de las que mejores resultados muestran se encuentran:

Aplicar productos de repelencia y/o disuasión de la plaga para ahuyentar a los adultos. Generalmente este tipo de productos son de origen biológico, como extractos de plantas, que pueden ser encontrados en el comercio de agroquímicos.

Una vez que se encuentre el daño en la plantación se puede aplicar un insecticida de contacto. La aplicación se realiza directamente en las perforaciones utilizando una jeringa, que luego se deben sellar para evitar pérdidas de producto.

No obstante, estas dos medidas anteriores pueden resultar complicadas en las partes superiores de los árboles, por lo que se podría explorar el método de utilizar feromonas que atraen a los adultos voladores de esta plaga y así puedan ser eliminados.

Raleos y cosecha de la plantación

La plantación de pilón manifiesta un crecimiento de moderado a lento, por lo que el primer raleo se puede realizar entre los 5 y 6 años. Un segundo raleo puede ocurrir a los 9-10 años, un tercer raleo optativo a los 12-13 años, para finalmente planear la cosecha final entre los 16 a 18 años, dependiendo de la región del país y su tasa de crecimiento (cuadro 4).

El principal objetivo del raleo como medida silvicultural, es potenciar el crecimiento de los árboles que queden en pie para llegar a la cosecha final con los árboles de mejor diámetro y calidad de tronco. Otros objetivos podrían ser mencionados, como el de disminuir el estrés de los árboles producto de la competencia por recursos de agua, luz y nutrientes. También como un objetivo de lograr obtener ingresos durante el desarrollo de la plantación, producto de la venta de la madera de los raleos.

El primer raleo es por lo general de baja rentabilidad por lo que se busca planificarlo a la mayor edad posible y con esto, buscar que los árboles del raleo alcancen un crecimiento diamétrico mayor. Si la plantación crece inicialmente a un ritmo de 2,3 cm por año, tendrá en promedio alrededor de 11,5 cm en 5 años, pero los árboles a ralear tendrán 9 cm en promedio. Al realizar este primer raleo, aproximadamente un 50% de los árboles no llegarán a tener valor comercial. Si se plantan 714 árboles/ha al inicio (4 x 3,5 m), en este primer raleo se extraerá aproximadamente 300 árboles dependiendo de la mortalidad. De los cuales, unos 150 a 200 individuos tendrán el diámetro mínimo y rectitud de fuste (calidad 1 o 2) para poder ser comercializado en el mercado de la tarima.

Los 350 árboles remanentes recibirán el beneficio de la apertura a la luz y reducción de la competencia, por lo que experimentarán una buena tasa de crecimiento. Esto permitirá que a los 9-10 años se pueda realizar un segundo raleo con valor comercial (DAP de 16-18 cm), así como un tercer raleo optativo a los 12-13 años (DAP de 20-22 cm), para dejar entre 150 a 210 árboles para la cosecha final.

Estas decisiones dependerán de la oportunidad de mercado existente al momento de decidir el raleo. La meta del diámetro de cosecha será

superar el umbral económico de los 30 cm de DAP, conocido también como madera gruesa (> a 10 pulgadas de diámetro), ya que podrá ser vendida a un valor muy superior al de la madera mediana con DAP de 20 a 30 cm (6 a 9 pulgadas).

Cuadro 4. Programa de raleos sugerido para plantaciones de pilón en Costa Rica.

Aprovechamiento	Intensidad (%)	Densidad Anterior (árboles/ha)	Densidad remanente (árboles/ha)	Edad (años)
I raleo	50 (4 a 5 árboles de un grupo o caja de 9)	714	350	5-6
II raleo	33-40 (2 de cada 4 o 5 árboles de un grupo o caja de 9)	350	210	9-10
III raleo (optativo)	25-33 (1 árbol de 3 en la caja de 9)	210	150	13
Cosecha	100	150-210	0	16-18

Costos de la plantación

Los costos de producción de una hectárea de pilón pueden llegar a variar entre regiones del país, ya que en zonas muy lluviosas como en el caribe y partes del Pacífico sur, el control de malezas aumenta. El rubro de control de malezas representa la actividad más costosa con casi un 26% (₡582 399 o poco más de \$1100 por hectárea) del total de costos. Hoy día se investiga opciones para reducir el costo de esta actividad mediante mejores técnicas de preparación del terreno, introducción de posibilidades de mecanización y la incorporación de equipos de fumigación más eficientes.

En cuanto al costo de las plantas, estas tienen un valor que varía entre ₡270 y ₡325, que significan aproximadamente un 9% del costo global. Al escoger el tipo de material a plantar es necesario considerar no solamente el costo, sino también el origen genético y la calidad de material. Árboles que sean certificados con mejoramiento genético, asegurarán un desarrollo óptimo que impacta positiva y directamente a la rentabilidad del proyecto. Por lo que invertir en plantas de una mejor calidad genética, se traduce en el éxito a mediano y largo plazo.

Por otra parte, el rubro de asistencia técnica resulta un costo mínimo en el total de la inversión (aproximadamente ₡80 800/ha o poco menos de un 4%), pero con un impacto muy alto en el éxito del cultivo. El técnico podrá aportar información y toma de decisiones valiosas y a tiempo para el buen desarrollo de la plantación. La relación costo beneficio de contar con la asistencia técnica, será sin duda muy beneficiosa con el proyecto de inversión. De preferencia, el tema del apoyo técnico deberá ser canalizado a través de organizaciones locales.

Así mismo, la aplicación de fertilizante y encalado representa una inversión a lo largo de los primeros 3-4 años de vida de la plantación, la cual corresponde a un 21% de la inversión total aproximadamente (₡504 913 o poco más de \$960 por hectárea). Este cálculo de asistencia con encalado y enmiendas demuestra un proceso de silvicultura intensiva, que busca optimizar al máximo el desarrollo de la plantación. Sin embargo, la inversión en encalado y fertilización logrará aumentar el diámetro de los árboles y reducir el gasto por control de malezas, gracias a un cierre de copas temprano.

El modelo de costos del cuadro 5 incluye las cargas sociales (40%) y la póliza de riesgos laborales (4,61%) y se basa en experiencias con pequeños productores (< 20 ha).

Cuadro 5. Modelo de costos por hectárea de cultivo de pilón para un ciclo de 18 años en Costa Rica. Incluye cargas sociales, no incluye gastos administrativos.

Año	Rubro	Mano de Obra	Insumos	Herramientas	Servicios	Total/ha
Año 0	Formulación del proyecto	₡14 448			₡3 333	₡17 781
Año 0	Preparación (control de maleza, mecanización, encalado) y establecimiento	₡217 063	₡351 499	₡20 834	₡41 483	₡630 879
Año 1	Mantenimiento (Rodajea, chapea, deshija, poda formación, encalado y fertilización)	₡199 132	₡124 230	₡24 375	₡0	₡354 003
Año 2	Mantenimiento (Chapea, repaso químico, poda baja, control plagas, fertilización)	₡145 748	₡134 345		₡0	₡280 093
Año 3	Mantenimiento (Chapea, control químico, control plagas, poda media, fertilización y encalado)	₡84 117	₡143 677	₡10 000	₡0	₡237 795
Año 4	Mantenimiento (Chapea, control químico, fertilización)	₡36 259	₡94 199		₡0	₡130 457
Año 5	Mantenimiento (Chapea, control químico, control plagas) I raleo	₡150 662	₡27 653	₡0	₡0	₡178 315
Año 6-8	Mantenimiento (Chapea, control químico, cercas y corta fuego)	₡20 525	₡3 365	₡0	₡0	₡19 166 a ₡23 890
Año 9	Mantenimiento (Chapea, control químico) II Raleo	₡122 173	₡20 346	₡0	₡0	₡142 519
Año 10-11	Mantenimiento (Chapea, control químico, cercas, corta fuego y drenajes)	₡20 525	₡3 365	₡0	₡0	₡19 166 a ₡23 890
Año 12	Mantenimiento (Chapea, control químico, cercas, corta fuego y drenajes). III Raleo	₡20 525	₡3 365	₡0	₡0	₡23 890
Año 13-17	Mantenimiento (Chapea, control químico)	₡16 140	₡3 027	₡0	₡0	₡19 166 a ₡23 890
Año 18	Mantenimiento (Chapea) y cosecha	₡117 976	₡23 092	₡0	₡0	₡141 068*
Costo total		₡1 295 604	₡954 363	₡55 209	₡44 816	₡2 356 259

*El monto no contempla costos asociados a la extracción y cosecha.

En términos globales, el costo total en US dólares es aproximadamente de \$4500 (1 \$ = ₡15) Un productor podría reducir significativamente este esquema de costos al trabajar de manera planificada e incorporar técnicas modernas de aplicación de agroquímicos (uso de motobomba) con lo que podría eventualmente reducir el costo de la inversión en poco menos de US \$ 4000 por hectárea.

En el análisis del Cuadro 5 se puede observar que la inversión en el año 1 puede alcanzar alrededor del 45% del costo total y un 12% en el año 2. Es decir, el año 1 y 2 juntos representan más del 57% (\$2560 aproximadamente) del costo de la inversión en pilón. Basado en esto se puede entender que la edad temprana de la plantación es la que más necesita atención, planificación y buena ejecución, ya que esto tiene resultados directos en su desarrollo.

Cuadro 6. Distribución de los costos de inversión más importantes del cultivo del pilón en un ciclo de 18 años en Costa Rica.

Concepto	Costo	Proporción
Asistencia técnica	₡80 801	3,43%
Mano de Obra	₡1 117 152	47,41%
Insumos	₡938 553	39,83%
Herramientas	₡55 209	2,34%

En esta distribución de los costos, puede observarse que la mano de obra representa el 47,41% de los costos totales. Este valor ya incluye el 40% de las cargas sociales (menos la cesantía) y el 4,61% de la póliza de riesgos del INS. Costa Rica es el país en la región con la mano de obra más cara (₡353 000 o \$672 salario mínimo mensual líquido), por lo que las investigaciones buscan como simplificar procedimientos de campo, incluir nuevas tecnologías y la posibilidad de mecanización.

Crecimiento esperado de los árboles

Las prácticas de silvicultura intensiva en plantaciones clonales con la utilización de material genético superior permiten que el pilón pueda ser cultivado de manera rentable y con una tasa alta de crecimiento, productividad y muy alta calidad. Con el propósito de que el productor pueda determinar si su plantación lleva un buen crecimiento, Vallejos (2019) elaboró modelos de crecimiento en diámetro y de altura total, que permite su comparación objetiva (Cuadro 7 y Figuras 20 y 21).

Puede observarse que una plantación bajo buenas prácticas silviculturales se espera que al año 18 los árboles alcancen los 28 y 30 cm de DAP, con una tasa de crecimiento anual promedio (IMA) mayor a 1,67 cm.

Estos valores de crecimiento se basan en el modelo DAP versus edad ajustado para plantaciones de pilón en Costa Rica (Figura 20), en el que se utilizaron más de 240 parcelas de medición de todas las regiones del país.

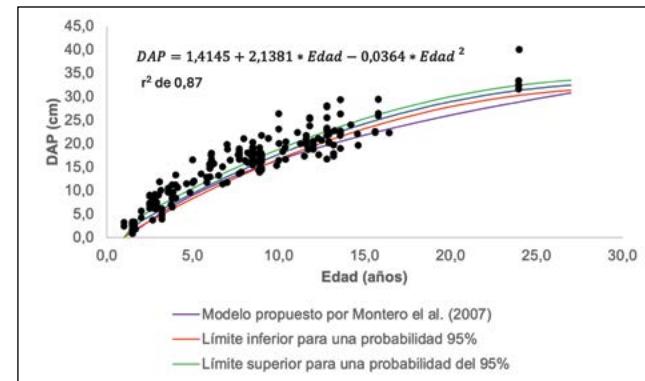


Figura 20. Modelo de crecimiento DAP versus Edad de plantaciones de pilón en Costa Rica. Vallejos & Murillo (2024).

La altura total de los árboles podrá estimarse a partir del modelo de crecimiento ajustado por Vallejos (2019, revisado por Vallejos y Murillo 2024) basado en árboles sin mejoramiento genético (Figura 21). Por lo

que se puede esperar que las nuevas plantaciones clonales mejoren significativamente esta proporción. Sin embargo, podrá ser utilizado de referencia para estimar la altura comercial de los árboles clonales, en una relación aproximada de un 40% de este valor de altura total para árboles jóvenes hasta los 8-12 años (Ver Cuadro 7). De ahí en adelante el árbol definirá su copa y excepcionalmente se logrará obtener madera comercial más arriba de los 10-11 m.

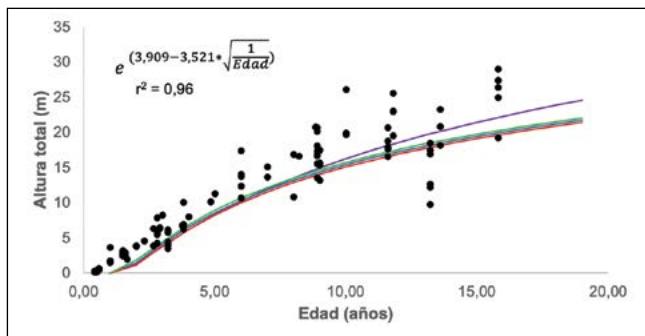


Figura 21. Modelo para la relación altura total vs edad, en plantaciones de pilón en Costa Rica. Vallejos & Murillo (2024).

Cuadro 7. Proyección del crecimiento en diámetro (a 1,3 m) y altura total esperada en una plantación de pilón.

Edad (años)	DAP promedio (cm)	Altura total promedio (m)	Altura comercial estimada (m)
1	3,50	2,3	
2	5,50	4,48	
3	7,50	6,55	
4	9,50	8,51	
5	11,20	10,35	5
8	16,20	15,19	6,5
10	19,20	17,85	7,5
12	21,85	20,05	9
16	26,30	23,08	11
18	28,10	23,91	11

Producción esperada de una plantación de pilón

En la Figura 22 se muestra un modelo de rendimiento y la distribución de los ingresos bajo buenas condiciones de crecimiento en una plantación de pilón, con una densidad inicial de 714 árboles por ha (3,5 x 4 m), con dos raleos y una cosecha final al año 18. Para los cálculos se tomó en cuenta el modelo de crecimiento esperado para el DAP (Figura 20) y el precio de la madera reportado para la especie en el 2024 (ONF 2024).

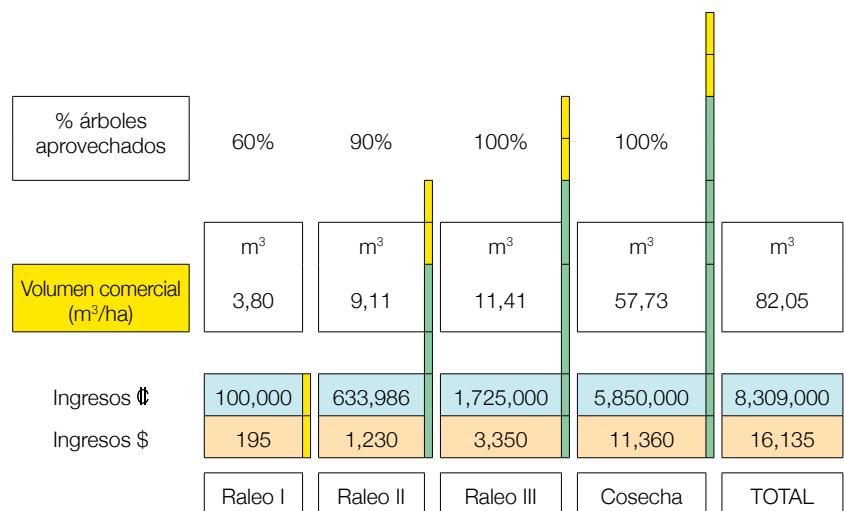


Figura 22. Modelo de rendimiento y de distribución de ingresos en una plantación de pilón en Costa Rica (Vallejos, 2019). Las piezas en amarillo representan madera para tarima (1,2 m de longitud), las verdes son trozas de 2,3 m de longitud para aserrío.

En la Figura 22 se observa la madera obtenida del primer raleo a los 5 años, que se destina básicamente para tarima. De este primer raleo se asume que se obtendrá en promedio 2 trozas de 1,2 m de largo por árbol y se aprovecha solamente un 50% de los árboles raleados. El resto de los

individuos no se comercializan debido a su diámetro pequeño y defectos de calidad o forma del tronco (calidad 3).

En el segundo raleo al año 9 se estima aprovechar el 90% de los árboles de corta, de los que se obtienen dos trozas (de 2,3 m) comerciales para aserrío de diámetros medios y otras dos trozas para el mercado de tarima. El tercer raleo (optativo) podrá aprovechar una pequeña cantidad de árboles (100 a 125) con tres trozas comerciales y dos trozas para tarima. Finalmente, en la cosecha total se aprovecha el 100% de los individuos a corta, de los que se obtendrá cuatro trozas para aserrío, con grosor mayor a 24 cm de diámetro y con un mejor precio en el mercado, junto con dos trozas para tarima. En la Figura 22 se desglosa este esquema en términos de volumen e ingresos.

Uso y comercialización de la madera

La madera de pilón es de una densidad media-dura, con valores de peso específico básico de 0,50. Desde el punto de vista de aserrío es una madera de buen rendimiento en trozas rectas, pero puede presentar problemas con tensiones de crecimiento y producir reventadura en piezas de diámetros menores. Lo que puede producir rajadura en dirección a la médula y pandeo en la mayoría de las piezas aserradas, por lo que es preferible el uso de sierras múltiples (Moya et al., 2009, Moya et al., 2019). El rendimiento en aserrío puede oscilar desde un 25-35% en diámetros de 15 a 20 cm, hasta 50-65% en trozas mayores a 35 cm.

En términos de secado es una especie rápida que requiere alrededor de 40 días al aire con piezas de 7,5 cm para bajar a un 20% o también, con una pérdida de humedad del 1,2 al 3,2% diaria, con espesores desde 7,5 a 12,5 cm. Secado al horno puede perder un 8% de humedad diaria y tardar 250 horas para alcanzar un 12% de humedad. Sin embargo, más del 67% de las piezas presentan rajaduras durante el secado (Moya et al., 2019).

El diámetro mínimo comercial usualmente es de 12 cm (5 pulgadas) en la cara menor, aunque actualmente es posible que el mercado acepte hasta 10 cm (4 pulgadas). La madera de pilón vendida para tarima tuvo un precio para el 2023 de ₡70 la pulgada (PMT o pulgada maderera tica) y de ₡130 para aserrío delgado o madera mediana (6 a 9 pulgadas). Si la madera supera los 30cm de diámetro (> 10 pulgadas), por lo general se considera como madera gruesa para aserrío y su precio por PMT en troza puede llegar hasta ₡280 (US 1\$ equivale a ₡515). Es importante mencionar que el precio de esta madera ya aserrada es de ₡694 colones por PMT (ONF, 2024).

Agradecimientos

Este manual formó parte del proyecto de investigación **“Incremento de la competitividad de la reforestación comercial en Costa Rica”** con el financiamiento de la Organización Internacional de las Maderas Tropicales (OIMT) y de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Así también, se extiende el agradecimiento al Centro de Investigaciones en Innovación Forestal (Escuela de Ingeniería Forestal) y a la cooperativa de mejoramiento genético forestal GENFORES, por el apoyo financiero, técnico, logístico y con material genético mejorado.

Al Ingeniero Forestal Johnathan Vallejos, por su contribución en la elaboración de la primera versión de este manual, como parte de su tesis de posgrado.

Literatura

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.

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., 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).

Badilla, Y.; Murillo, O.; Obando, G. 2002. Reforestación con especies nativas en la zona norte del país. En: Seminario Nacional sobre Especies Nativas. 3-5 de abril, 2002. Universidad Nacional, INISEFOR. Heredia, Costa Rica.

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. En: III Congreso Forestal Nacional, (pág. 87-90). San José, Costa Rica.

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.

Molina, E. y Alvarado, A. 2012. Manejo de la acidez y el encalado del suelo. En: Alvarado A., Raigosa J. Nutrición y Fertilización Forestal en Regiones Tropicales. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Editorama, S.A. San José, Costa Rica. Capítulo 7, 415 p.

Montero, M., De Los Santos, H., & Kanninen, M. 2007. *Hieronima alchorneoides*: Ecología y Silvicultura en Costa Rica. 50.

Moya, R., Leandro, L., Murillo, O. 2009. Wood characteristics of *Terminalia Amazonia*, *Vochysia guatemalensis* and *Hieronyma alchorneoides* planted in Costa Rica. *Revista Bosques* 30(2):78-87.

Moya, R., Tenorio, C., Salas, C., Berrocal, A., Muñoz, F. 2019. Ficha Técnica 9 Pilón, *Hieronyma alchorneoides*. Tecnología de la Madera. Plantaciones Forestales. Editorial Tecnológico de Costa Rica. Editorial de la Universidad de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 494 p.

Müller, E. 1993. Estado actual del conocimiento sobre especies forestales para la reforestación en Costa Rica. Costa Rica: Documento del proyecto COSEFORMA/ITCR.

Müller, E. 1997. Investigaciones en frutos y semillas de árboles individuales de cinco especies forestales de la Región Huetar Norte de Costa Rica, con especial consideración en el almacenamiento. Tesis, Ph.D. Universidad de Hamburgo, Alemania. COSEFORMA. Documento No. 51. San Carlos, Costa Rica. 237p.

Murillo, O. 2005. Hacia el cultivo de madera en Costa Rica y la desmitificación del debate entre especies exóticas y nativas. *Ambientico* 139 (junio): 4-6.

Manual de cultivo de pilón

Murillo, O. 2018. ¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país? Ambientico Número 267, jul-set: 4-9

Oficina Nacional Forestal (ONF). 2024. Precios de la madera para las especies más comercializadas. Costa Rica. Recuperado de: <https://onfcr.org/informe-de-precios-de-madera>

Solís, M., & Moya, R. 2004. *Hyeronima alchorneoides* en Costa Rica. San José, Costa Rica.: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal.

Vallejos-Salazar, J. A. 2019. Cultivo de madera de pilón (*Hyeronima alchorneoides* Allemão) en Costa Rica. Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Forestal. Cartago, Costa Rica.

Vallejos, J., Murillo, O. 2024. Modelos alométricos para la estimación del crecimiento del diámetro y altura total de *Hieronyma alchorneoides* Allemão cultivado en Costa Rica. Rev. For. Mesoam. Kurú 21 (48): 141-160.

Zech W. 1994. Metodología práctica para la identificación de sitios para reforestación en las Zona Norte de Costa Rica en especial con melina y laurel. COSEFORMA. 53p. Documento de Proyecto No. 39.