Manual de cultivo de laurel

(Cordia alliodora) en Costa Rica

TEC | Tecnológico de Costa Rica

ITTO
ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE LAS MADERAS TROPICALES

Mario Guevara Bonilla | Olman Murillo Gamboa
Yorleny Badilla Valverde | Luis Garro Chacón | María Rodríguez Solís

Abril 2025

ISBN Obra independiente: 978-9930-617-84-7

634.973
M294m Manual del cultivo de laurel (Cordia alliodora) / Mario Guevara-Bonilla, Olman Murillo-Gamboa, Yorleny Badilla-Valverde, Luis Garro-Chacón María Rodríguez-Solís. -- 1 edición. -- Cartago, Costa Rica : Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería Forestal, 2025.
61 páginas : 13.97 x 21.59 cm : ilustraciones, fotografías a color, gráficos.

Referencias bibliográficas.
ISBN: 978-9930-617-84-7

1. Árboles 2. Laurel 3. Manejo de plantaciones 4. Plantaciones de laurel 5. Enfermedades de los cultivos -- Manejo 6. Silvicultura 7. Fertilidad del suelo 8. Plagas -- Control 9. Cultivos -- Enfermedades -- Control I. Guevara-Bonilla, Mario, autor II. Murillo-Gamboa, Olman, autor III. Badilla-Valverde, Yorleny , autora IV. Garro-Chacón, Luis, autor V. Rodríguez-Solís, María, autora VI. Título.

Elaboración Técnica

Mario Guevara Bonilla

Olman Murillo Gamboa

Yorleny Badilla Valverde

Luis Garro Chacón

María Rodríguez Solís

Comité Editorial, Escuela de Ingeniería Forestal

Luis Acosta

Ruperto Quesada

Dorian Carvajal

Manual de cultivo de laurel

(Cordia alliodora) en Costa Rica

Contenidos

Introducción **1**

Establecimiento del cultivo de laurel **3**

Evaluación inicial del sitio a plantar 3

Factores limitantes para el desarrollo de plantaciones de laurel 4

Estado de la fertilidad del suelo 7

Espaciamiento inicial 8

Preparación del sitio para el establecimiento de la plantación 9

Limpieza del sitio 9

Preparación del suelo 10

Corrección de la acidez 12

¿En qué consiste el encalado? 12

Beneficios del encalado 13

Tipos de cal 14

Métodos y épocas de aplicación de la cal 14

Pasos para un correcto encalado 16

Cálculo de dosis de encalado 16

Ejemplo de aplicación 17

¿Cómo se debe plantar los árboles? 20

Fertilización inicial de la plantación 22

Evaluación de la calidad del establecimiento 24

Resiembra 27

Mantenimiento y manejo de la plantación **28**

Control de malezas 28

¿Cuándo y con qué frecuencia realizar el control de malezas? 28

Métodos de control de malezas 29

Grados de control de malezas 30
Acciones de conservación de suelos 33
Fertilización en el manejo de la plantación 34
Análisis foliar para determinar la necesidad de fertilizar 34

La poda 36

Manejo de plagas y enfermedades 39

Principales plagas en el cultivo de laurel 39
Atta sp. Hormiga cortadora (Orden: Hymenoptera; Familia: Formicidae) 39
Dictyla monotropidia (Orden: Hemiptera; Familia: Tingidae) 41
Puccinia cordiae (Orden: Pucciniales; Familia: Pucciniaceae) 42
Phoradendrum robustissimum (Orden: Santalales; Familia: Loranthaceae) 43
Oncideres punctata (Orden: Coleoptera; Familia: Cerambycidae) ... 44

Raleos y cosecha de la plantación 45
Costos de producción 46

Crecimiento esperado de los árboles 50
Producción esperada de una plantación 51
Uso y comercialización de la madera 53

Agradecimiento 54

Literatura 54

Introducción

El laurel (*Cordia alliodora*) es una de las especies nativas que fue plantada en el país desde los inicios de la reforestación comercial, apoyada con incentivos económicos a partir de 1979. Sin embargo, el desarrollo de la silvicultura era incipiente y se carecía de fuentes semilleras. En los años 70 se reporta los primeros trabajos de selección y evaluación de árboles plus en Costa Rica, Puerto Rico y Colombia (Boshier & Lamb 1997; Liegel 1998, Liegel & Stead 2000). La especie llegó a un área máxima de plantación de aproximadamente 12 000 ha en la zona norte y caribe del país (MIRENEM 1993, citado por Arguedas y Chaverri 1997). Sin embargo, sufrió el embate de numerosos problemas sanitarios y bajo crecimiento, producto del desconocimiento sobre sus requerimientos de manejo, principalmente su intolerancia a las malezas y a su susceptibilidad a limitantes edáficas (Arguedas-Gamboa 2007). Los productores de entonces sufrieron grandes pérdidas y la Administración Forestal del Estado (MIRENEM) emitió una prohibición de plantación con incentivos en los años 90, lo cual desmotivó desde entonces su uso en reforestación.

Su distribución natural se extiende desde México hasta Argentina y Paraguay, mientras que en Costa Rica se localiza en todas las zonas bajas hasta los 600 msnm, con poblaciones en todas las vertientes. Su madera es de uso amplio en construcción, mueblería y mantiene buen precio en el mercado. Hoy día continúa estando presente en sistemas agroforestales con café y cacao con muy buen crecimiento (Méndez, 2000; Murillo y Badilla 2023). Su popularidad radica en la facilidad de propagación (sexual o asexual), amplia utilidad y valor de su madera en el mercado local, así como buena tasa de crecimiento (Murillo y Badilla 2015; Murillo 2018).

La primera guía silvicultural sobre el laurel se publica en 1994 (Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza), que compila el conocimiento de la época. En un esfuerzo conjunto entre organizaciones internacionales y el CATIE, se inició un programa de mejoramiento genético en los años 90 (Mesén 1990). Donde se produjo abundante conocimiento sobre su biología reproductiva, análisis de poblaciones, comportamiento de procedencias, y sobre métodos de propagación clonal (Boshier y Lamb,

1997; Sebbenn *et al*. 2007). Desde entonces, la especie ha sido sujeta de avances significativos en silvicultura, suelos (Alvarado y Raigosa 2012), mejoramiento genético (Boshier y Lamb 1997; Mesén 1990; Sebbenn *et al*. 2007), propagación vegetativa (Leakey y Mesén 2019; Mesén 2018; Rodríguez *et al*. 2023) y en sistemas agroforestales (Murillo y Badilla 2023a; Murillo y Badilla 2023b), a pesar de que se le cultiva a pequeña escala.

El presente manual se fundamenta en nuevas experiencias de manejo silvicultural, donde se incluye un mejor abordaje del control de malezas, de preparación y enmiendas al suelo, así como el apoyo de un programa joven de mejoramiento genético y producción clonal. El texto incluye información actualizada de crecimiento y rendimiento, así como un modelo de costos para ciclos de producción de 10 a 12 años.

Establecimiento del cultivo de laurel

Evaluación inicial del sitio a plantar

¿Por qué es importante?

Debe recordarse que el laurel es una especie forestal muy susceptible a sitios con suelos ácidos y de baja fertilidad. Por tanto, es importante en esta primera fase determinar condiciones de sitio que pudieran ser factores limitantes para su cultivo y desarrollo. Con esta información se toman decisiones y se plantea la estrategia de abordaje para superar las limitaciones encontradas. Un buen diagnóstico requiere realizar un recorrido por el sitio a plantar, tomar muestras de suelo, determinar el área neta plantable, así como también buscar información adicional sobre el sitio y la región. En esta fase es importante determinar cualquier condición de riesgo para el cultivo.

¿Cómo se realiza?

1. Se recorre el sitio para determinar la necesidad de zonificar por diferencias topográficas (sectores planos, levemente ondulado, fuertemente ondulado), por uso anterior de la tierra y grado de limpieza (ganadería combinada con bosque secundario, ganadería, cultivos o plantaciones forestales), presencia cercana de ríos, humedales, presencia de vías de acceso interna a cada sector dentro de la finca. Con base en esta información se define la mejor zonificación o conformación de lotes o futuros rodales homogéneos, que se constituirán en las unidades de manejo de la propiedad.
2. Mediante un adecuado muestreo de suelo en cada una de los lotes definidos en el paso anterior, se determina la fertilidad del sitio y requerimientos de encalado y fertilización.
3. Se identifican cuáles son los factores limitantes potenciales de sitio para el crecimiento del laurel. Como ejemplo, lomas largas erosionadas, con cárcavas, zonas con riesgo de encharcamiento, sectores con exposición del horizonte “C” del suelo, etc.

Factores limitantes para el desarrollo de plantaciones de laurel

El laurel es una especie exigente en suelos que prefiere sitios de fertilidad media a alta (CATIE 1994). La especie no tolera encharcamiento del agua y manifiesta un crecimiento pobre en presencia de malezas, particularmente gramíneas. Se reporta bajo crecimiento en suelos compactados por pastoreo, lo que también afecta la capacidad de absorción de nutrimentos (Zech 1994).

De manera preferible, se debe plantar en sitios con precipitación de al menos 2000 mm al año, con un periodo seco no mayor a los 3-4 meses, en altitudes entre los 200 y 600 m.s.n.m. Estudios recientes muestran su bajo crecimiento e inclusive mortalidad en suelos ácidos (Cuadro 1). El uso previo de la finca puede ser de gran valor para estimar posibles factores limitantes.

En orden de degradación del suelo y su impacto en el desarrollo potencial del laurel está como uso anterior, la ganadería extensiva, sobrepastoreo y 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. Menciona además como indicadores limitantes terrenos compactados con densidad mayor a 1,2 g/ml, moteo a más de 90 cm de profundidad en el suelo como indicador de mal drenaje interno, grosor del horizonte Ah con materia orgánica menor a 40 cm, profundidad efectiva menor a 90 cm y pendiente mayor al 15%. Observó también un menor crecimiento en la parte media de una loma larga, en particular, con presencia de cárcavas o "pie de vaca". 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. Con cultivos agrícolas menos intensivos (granos, yuca, otros) o plantaciones forestales, probablemente se tengan condiciones favorables de sitio para plantar el laurel en un suelo poco compactado y con materia orgánica.

En la Figura 1 se muestra un crecimiento contrastante de la especie en dos condiciones de acidez del suelo, en un terreno plano ondulado de la Zona Norte.

Figura 1. Ensayo de laurel de 2,5 años con condiciones de sitio diferentes en la misma finca, crecimiento en condiciones de sitio óptimas (arriba), crecimiento en condiciones de sitio con alto nivel de acidez (abajo), San Carlos, Zona Norte del país. Fuente: Olman Murillo, Tecnológico de Costa Rica.

En el sitio con buen crecimiento las copas de los árboles lograron rápidamente cerrarle el paso a la luz y con esto, suprimir notablemente la aparición de malezas y la necesidad de realizar chapeas y bajar costos de mantenimiento.

Los resultados del análisis de suelo (Cuadro 1) mostraron valores muy altos de saturación por acidez (%), bajo en potasio (K) y bajo el pH para el sector con crecimiento pobre.

Cuadro 1. Análisis de suelos en dos sectores con crecimiento contrastante de una plantación de laurel (*Cordia alliodora*) a los 2 años, San Carlos, Zona Norte de Costa Rica.

		cmol(+)L				mg/L										%
Identificación de campo	pH	Acidez ext.	Ca	Mg	K	Cu	Mn	Fe	Zn	P	Ca/ Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	C.I.C.E	Saturación de acidez
Sitio 1. Bajo crecimiento. 0-20	5,9	0,16	7,71	2,37	0,14	27	37	161	62,5	8	3,25	55,07	19,93	72.00	10,38	1,54
Sitio 1. Bajo crecimiento. 20-40	5,7	0,18	5,37	2,39	0,07	33	22	115	46,4	6	2,25	76,71	34,14	110,86	8,01	2,25
Sitio 2. Bajo crecimiento. 0-20	4,5	3,65	1,31	0,66	0,16	33	58	159	47,8	8	2,02	8,19	4,06	112,25	5,77	63,26
Sitio 2. Bajo crecimiento. 20-40	4,5	3,15	1,5	0,73	0,12	34	57	116	38,8	7	2,05	12,50	6,08	18,58	5,5	57,27
Promedio			3,97	1,535	0,12	31,75	43,5	137,75	48,88	7,25	2,39	38,12	15,30	53,42	7,42	31,08
Valor recomendado	5,5	0,5	4	1	0,2	1	5	10	3.0	10					5.00	25.00
Sitio 3. Alto crecimiento. 0-20	5,5	0,28	6,38	1,87	0,09	32	53	168	83,1	6	3,41	70,89	20,78	91,67	8,62	3,25
Sitio 3. Alto crecimiento. 20-40	5,1	0,85	4,43	1,36	0,06	36	78	132	84,5	7	3,26	73,83	22,67	96,50	6,70	12,89
Sitio 4. Alto crecimiento. 0-20	5,2	0,41	5,6	2,02	0,38	31	43	171	77,1	10	2,77	14,74	5,32	20,05	8,41	4,88
Sitio 4. Alto crecimiento. 20-40	5,2	0,46	4,7	1,66	0,22	34	40	95	73,4	8	2,83	21,36	7,55	28,91	7,04	6,53
Promedio			5,28	1,73	0,19	33,25	53,50	141,50	78,78	7,75	3,07	45,21	14,08	59,28	7,69	6,84

Estos resultados coinciden con estudios previos que reportan una relación de incremento diamétrico negativo, conforme aumenta el contenido de acidez y de potasio (Reyes 1997 en Alvarado y Raigosa 2012).

Estado de la fertilidad del suelo

Para la determinación de la fertilidad de un suelo es necesario realizar un adecuado procedimiento de muestreo en campo. Una muestra suficiente y representativa permitirá tener información certera sobre el sitio a plantar y determinar la existencia de factores limitantes y posible estrategia de acción.

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 se debe:

- Limpiar la zona donde se va a tomar cada submuestra de suelo, eliminando la vegetación existente (Figura 2.1 y 2.2).
- Recorrer todo el lote para tomar 4 a 5 muestras compuestas, basadas en 4 submuestras.
- Con el palín se toma una muestra de 0 a 20 cm de profundidad y otra muestra separada de 21 a 40 cm. Colocar cada una de las submuestras de forma separada en el balde o bolsa respectiva (Figura 2.3).

En cada lote se procede a mezclar bien el grupo de submuestras con ayuda de un saco o de un balde, donde se vierten para su homogenización. Esta mezcla se divide en cuatro partes (conocido como "cuarteo"), una de las cuatro partes (0,5 a 1kg, Figura 2.4) será la muestra compuesta que se enviará al laboratorio de suelos para su análisis.

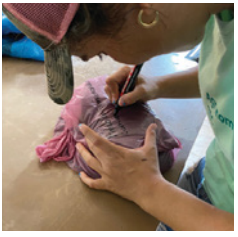
Cada muestra compuesta se debe colocar en una bolsa plástica, debidamente rotulada donde se indique fecha de muestreo, la profundidad, el caserío más cercano o municipio de donde procede y el cultivo presente (Figura 2.5 y 2.6).

1. Limpieza de vegetación del lugar donde se tomará la muestra

2. Extraer la muestra por separado para cada profundidad con el barreno o palín

3. Colocar las submuestras de cada profundidad en una bolsa o balde.

4. Cuarteo de las submuestras, toma de la muestra final que será rotulada y enviada al laboratorio.



5. Empaque y rotulación de las muestras

6. Empaque y rotulación de las muestras

Figura 2. Paso para una correcta toma de muestras de suelo en plantaciones forestales

Espaciamiento inicial

El laurel es una especie de mediano crecimiento, por lo que se puede planificar su producción en ciclos de 10 a 12 años, con un raleo al año 5. Actualmente es difícil observar plantaciones compactas de laurel, sin embargo, con el avance en la mejora genética y disponibilidad de clones, esta especie es una buena opción para reforestar.

Entre los espaciamientos recomendados para el establecimiento de plantaciones de laurel se encuentra el 4 x 3 m, 4 x 3,5 m y el 4 x 4 m. En el

caso del 4 x 3,5 m ofrece casi 100 árboles más por ha (N = 714 árboles/ha) en comparación con el 4 x 4 m (625 arb/ha), con resultados de crecimiento muy similares, por lo que se ha popularizado en los últimos años. El espaciamiento óptimo 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

productividad (+) calidad de fuste (+) ingresos (+) costos (-) tiempo (-)

El espaciamiento que se vaya a utilizar debe evitar un primer raleo muy temprano o antes de los cinco años, que por lo general son de baja rentabilidad. Además, se debe considerar si se utiliza un diseño rectangular o un diseño en tres bolillo para un mejor control de la erosión, debido a la distribución de las raíces y la buena cobertura que proporcionan las copas de los árboles. Esta distribución genera un mejor control contra la acción del viento y la escorrentía en el suelo (Murillo *et al*., 2024).

Preparación del sitio para el establecimiento de la plantación

Una adecuada preparación de sitio es necesaria para garantizar un buen crecimiento inicial de los árboles. Con un adecuado planeamiento de esta actividad, se puede lograr que la plantación se mantenga limpia de malezas durante más de dos meses. Entre las labores más importantes se encuentran la limpieza inicial del terreno, la construcción de drenajes (cuando sea necesario) y la preparación del suelo a través de métodos que pueden ser manuales, mecánicos y/o químicos.

Limpieza del sitio

Cuando el sitio a plantar posee arbustos, malezas u otro tipo de vegetación que imposibiliten plantar los árboles, es necesario una intervención bien planificada que puede incluir labores de eliminación de árboles remanentes, troncos o toda clase de residuos de otros cultivos o malezas. La limpieza de un sitio se puede realizar de forma manual, mecánica, 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 y/o maquinaria y, del presupuesto disponible.

El control inicial de malezas al momento del establecimiento tiene como objetivo eliminar la competencia por luz, agua, espacio y nutrientes, vital en los primeros meses de crecimiento. Con una adecuada planificación de esta actividad se puede lograr que la plantación se mantenga limpia de malezas durante más de dos meses (Figura 3). Adicionalmente, la construcción de drenajes primarios y secundarios se emplea en sitios con excesiva humedad, ya que el agua no debe encharcarse alrededor del árbol.

Figura 3. Preparación del sitio con aplicación de cal para el establecimiento de una plantación de laurel, campus Tecnológico de San Carlos, Zona Norte de Costa Rica. Fuente: Olman Murillo, Tecnológico de Costa Rica.

Preparación del suelo

La preparación del suelo busca mejorar las limitaciones físicas mediante la mecanización o labranza. Los objetivos de esta actividad buscan reducir la densidad aparente o compactación del suelo, mejorar la aeración, el movimiento superficial e interno del agua, e inclusive mejorar la disponibilidad de nutrientes. A pesar de sus beneficios no todos los suelos pueden ser mecanizados; por ejemplo, sitios con pendiente mayor a 25-30%. Por tal motivo una evaluación previa de las condiciones del sitio es necesaria para decidir la estrategia de intervención.

Las actividades de labranza utilizadas en plantaciones forestales varían desde el uso de subsoladores que logran romper entre los 45 y 90 cm de profundidad, hasta una labranza menor que utiliza rastra de discos o arado de cincel que remueve hasta unos 30-40cm de profundidad (Figura 4). 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. Acordonamiento de residuos y labranza vertical del suelo en el sitio donde se plantarán los árboles, Zona Norte de Costa Rica. Fuente: Mario Guevara, Tecnológico de Costa Rica.

Una mala ejecución de las prácticas de mecanización podría generar efectos adversos, como el aumento en los procesos de erosión o la alteración de las propiedades físicas del suelo y hasta una degradación del perfil del suelo. Como buena práctica, se debe preparar el terreno en dirección transversal a la pendiente 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 disposición

contraria 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 este equipo 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. En la Figura 1 se muestra como el laurel es intolerante a suelos ácidos. La acidez excesiva comúnmente se registra en los análisis de suelo como porcentajes de saturación de acidez elevados (> 20%) o un pH con valores < 5,5. Esto produce un fenómeno químico que impide que la planta pueda adsorber los nutrimentos del suelo, aun cuando estén presentes. Con lo cual afecta directamente el crecimiento y hasta la calidad de los árboles. Esto se traduce en un menor volumen comercial y en una menor ganancia para el productor. Para corregir el problema de suelos ácidos se utiliza la técnica del encalado. En el caso del laurel es una especie que se adapta bien cuando el pH está en un rango de 5,5 a 6,5 (Martínez, 2015).

¿En qué consiste el encalado?

El encalado es el método más común y efectivo para corregir suelos con pH inferiores a 5,5 y que presentan problemas de acidez. Consiste en la aplicación o incorporación de enmiendas calcáreas, como por ejemplo el carbonato de calcio (Figura 5). Las fuentes carbonatadas tienen un efecto residual prolongado de hasta 1 o más años, con las que se busca lograr neutralizar la acidez y mejorar la adsorción de nutrimentos por parte de los árboles.

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.

Figura 5. Encalado en plantación de laurel, San Carlos, Zona Norte.
Fuente: Olman Murillo, Tecnológico de Costa Rica.

Beneficios del encalado

1. Neutraliza la acidez del suelo y aumenta el valor del pH a niveles adecuados para el cultivo de árboles, evitando así problemas de toxicidad y deficiencias nutritivas.
2. Mejora la disponibilidad de nutrientes como fósforo, potasio y molibdeno en el suelo para que sean utilizados por los árboles.
3. Aumenta la capacidad del suelo de retener elementos nutritivos para la plantación.
4. Mejora la actividad y desarrollo de la macro y microfauna responsables de descomponer la materia orgánica del suelo.

Tipos de cal

Entre los tipos de cal más comunes y de mayor facilidad de adquisición en el mercado se encuentra

1. Carbonato de calcio: es el producto más común y generalmente el de menor costo. Mayormente insoluble en agua, pero su solubilidad se incrementa en condiciones ácidas (contiene un máximo de 40% de Calcio).
2. Cal Dolomita (con magnesio): incluye magnesio además del calcio, se importa y tiene un costo mayor en el mercado. Mayormente insoluble en agua, pero su solubilidad se incrementa en condiciones ácidas (contiene entre 2 a 13% de Magnesio).
3. Óxido de calcio: se conoce como cal viva, reacciona con agua formando cal hidratada.
4. Sulfato de calcio: se conoce como yeso. Penetra mejor en el horizonte del suelo y logra un efecto de mayor plazo.
5. Cal líquida: penetra mejor en el horizonte del suelo y es que reacciona más rápidamente. Esta cal es de mayor costo, pero de más fácil transporte y mayor facilidad de aplicación (con bomba), lo que reduce la mano de obra.

Métodos y épocas de aplicación de la cal

La cal se puede aplicar de varias formas, entre ellas está alrededor del árbol (rodajea), en la línea de los árboles (banda) o en la totalidad del terreno como se muestran en la Figura 6. La forma más efectiva de aplicación de cal es la incorporación en los primeros 15-20 cm de suelo, con el propósito de asegurar una buena penetración y contacto máximo del producto con la capa arable del suelo. En la mayoría de los casos la cal se aplica 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 al momento de plantar los árboles. Algunas organizaciones realizan el encalado de manera mecanizada al mismo tiempo en que se prepara el terreno, con lo que se logra una mayor penetración del producto en el horizonte del suelo.

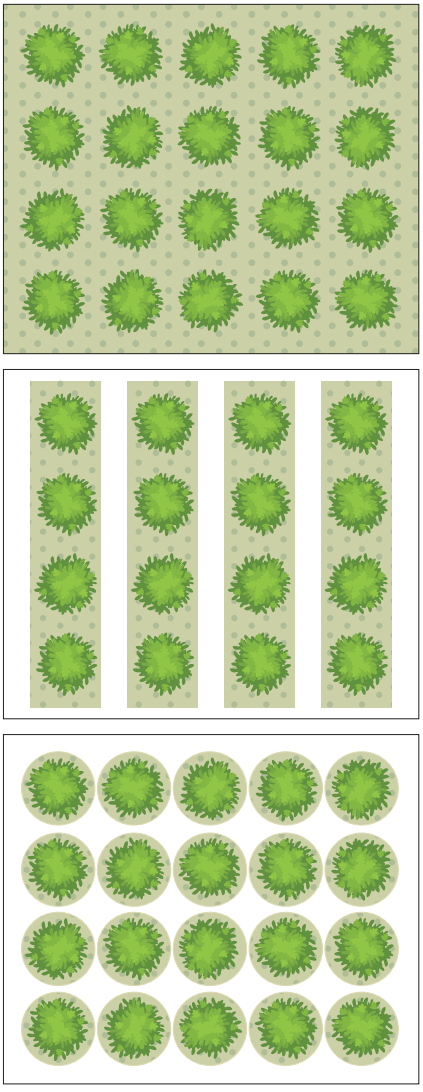


Figura 6. Métodos de aplicación de cal en plantaciones forestales. Fuente: Elaboración propia.

Pasos para un correcto encalado

1. Para encalar se debe de realizar previamente un muestreo y análisis de suelo en la zona donde se piensa establecer la plantación o sistema agroforestal.
2. Basado en el análisis de suelo y en el presupuesto disponible, se toma una decisión de cuál material encalante aplicar y cuál va a ser su dosis.
3. Por lo general es conveniente primero eliminar las malezas para evitar su competencia por el producto que queremos que aprovechen los árboles.
4. Se debe buscar la opción de cómo aplicar la cal con el menor costo posible. En esto hay diversas herramientas y métodos, desde el uso de máquinas encaladoras, voleadoras, bombas de espalda con motor, etc.
5. Aplicar la dosis correspondiente teniendo cuidado de no humedecer la cal antes de dispersarla en el terreno.

Cálculo de dosis de encalado

Actualmente el criterio más utilizado para calcular la dosis requerida para neutralizar la acidez del suelo es el porcentaje de saturación de acidez, que fue adaptada del cultivo de café. Este parámetro se obtiene del análisis químico completo del suelo.

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

Donde:

%SA = Porcentaje de saturación de acidez (obtenido del análisis de suelo). Si no se tiene la información se puede estimar de la siguiente manera: %SA = (acidez/CICE)*100

CICE = Capacidad de Intercambio Catiónico Efectivo, que se determina mediante la suma de las bases (Ca+Mg+K) y la Acidez intercambiable (Al+H). Este es un indicador de la fertilidad natural del suelo.

RAS = Porcentaje de saturación de acidez deseado o tolerado por el cultivo (por lo general un 10%)

PRNT = Poder relativo de neutralización total del material encalante, que depende del tipo de cal. Entre más fina la granulometría, mayor valor, que puede oscilar desde 85 (carbonato de calcio ordinario) hasta más de 100 (cal líquida).

Ejemplo de aplicación

Cuadro 2. Resultados del análisis químico completo del suelo en Santa Clara de San Carlos, Zona Norte de Costa Rica.

		cmol(+)L				mg/L										%
Identificación de campo	pH	Acidez ext.	Ca	Mg	K	Cu	Mn	Fe	Zn	P	Ca/ Mg	Ca/K	Mg/K	(Ca+Mg)/K	C.I.C.E	Saturación de acidez
Sitio 1. Bajo crecimiento. 0-20	5,9	0,16	7,71	2,37	0,14	27	37	161	62,5	8	3,25	55,07	19,93	72.00	10,38	1,54
Sitio 1. Bajo crecimiento. 20-40	5,7	0,18	5,37	2,39	0,07	33	22	115	46,4	6	2,25	76,71	34,14	110,86	8,01	2,25
Sitio 2. Bajo crecimiento. 0-20	4,5	3,65	1,31	0,66	0,16	33	58	159	47,8	8	2,02	8,19	4,06	112,25	5,77	63,26
Sitio 2. Bajo crecimiento. 20-40	4,5	3,15	1,5	0,73	0,12	34	57	116	38,8	7	2,05	12,50	6,08	18,58	5,5	57,27
Promedio			3,97	1,535	0,12	31,75	43,5	137,75	48,88	7,25	2,39	38,12	15,30	53,42	7,42	31,08
Valor recomendado	5,5	0,5	4	1	0,2	1	5	10	3.0	10					5.00	25.00

Con base en el análisis se realizan los siguientes pasos:

Paso 1: Identificación del problema o grado de acidez. Para el análisis se debe tomar el valor más bajo o alejado del valor recomendado por el laboratorio de suelos. Como se ve en este análisis químico de suelos el sitio registró en un sector un pH muy ácido (4,5), un porcentaje de

saturación de acidez (SA%) muy alto (63,28 %) y una acidez extraíble (3,65) mayor al máximo recomendado (1,56), por lo que se necesita realizar una corrección de la acidez.

Paso 2. Definición del material encalante a utilizar: Para este caso en particular el valor de calcio (Ca) es prácticamente similar 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 95%.

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 adecuado para el establecimiento de plantaciones de laurel.

Paso 4. Aplicación de la fórmula

$$\frac{Ton}{ha} \quad de\ material\ encalante \quad \frac{1{,}5\ (31{,}08 - 15)x\ 7{,}42}{95}$$

$$\frac{Ton}{ha}\ de\ material\ encalante = 1{,}88$$

Se requiere aplicar 1,88 toneladas de cal para disminuir el porcentaje de saturación de acidez de un 31% a un 15%. Si se utiliza el valor más alto de saturación de acidez, el requerimiento de cal sería de poco más del doble (4,1 toneladas). Es importante recordar que este valor corresponde a toda la hectárea, por lo que deberá hacerse la relación con el área ocupada por cada árbol individual. Si se plantan 714 árboles por hectárea (distanciamiento de 4 x 3,5m) y cada árbol ocupa una superficie de 1m^2, esto corresponderá a 714 m^2. Estos 714 m^2/10000 m^2 = 7,14% de la hectárea. Entonces, de las 1,88 toneladas se necesitará 1,88*0,071= 0,133 Toneladas de cal, que equivale a 133 kilos a ser distribuidos en los 714 árboles. Esto implica que a cada árbol se le deberá aplicar 133kg/714 árboles = 0,18 kilos o 180 gramos.

Dependiendo del método de aplicación, así se deberá analizar la cantidad de cal por aplicar. Si se aplica, por ejemplo, 180 g al fondo del hoyo y alrededor en la rodajea, se requiere en total 714 árboles/ha x 180g = 130 k de producto. Por lo general, la cal se compra en presentaciones de 45k, entonces se requerirá comprar 3 sacos de cal. Sin embargo, 180g de cal

al momento de la siembra puede ser muy alto, por lo que lo recomendado es fraccionar la aplicación con un intervalo de 3 a 4 meses. Con esto se aplica 100 g por árbol al momento de la siembra o un mes antes; los restantes 80 g se aplicarán 3 o 4 meses posteriormente.

Si la cal se aplica en la banda de siembra con un metro de ancho. 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 m^2 de superficie, que equivale a un 25% de una hectárea. Por tanto, si la recomendación es la de aplicar 1,88 Ton/ha (10 000 m^2 de superficie), se necesitará un 25% de ese valor, que corresponde a 1,88/4 = 0,47 Ton o 470 k de cal. Si la cal se oferta en sacos de 45 k, entonces se necesitará comprar 10 a 11 sacos de cal.

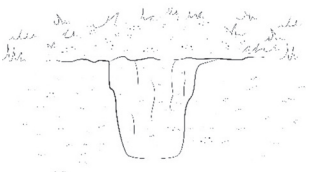
El encalado no debe superar 1 ton/ha en la primera aplicación y debe realizarse al menos un mes antes de iniciar con el programa de fertilización. La aplicación de la enmienda se debe realizar con el suelo húmedo, pero evitando periodos de fuertes aguaceros que causen escorrentía superficial y que laven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

Finalmente, el tipo de cal cambiará el PRNT por lo que es importante revisar la especificación técnica, ya que podría variar si se cambia el tipo de cal (mayor o menor granulometría principalmente). Por lo general, entre más fina sea la cal se obtendrá una velocidad de reacción mayor y una mejor penetración del producto en el perfil del suelo.

La frecuencia de aplicación de la cal es otro elemento importante para decidir, 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 en dos eventos, un mes antes de plantar los árboles y, 3 o 4 meses después de plantados.

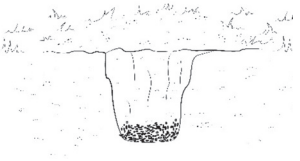
¿Cómo se debe plantar los árboles?

a. Realice un hoyo de al menos 30 cm de profundidad o dos veces la altura del arbolito. Limpie en tierra con una pala ancha, una superficie alrededor del árbol de 1m de diámetro (rodajea).

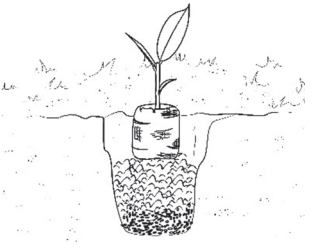


El uso de la hoyadora mecánica se ha venido popularizando por su mayor rendimiento para el operador. Este equipo logra un rendimiento de aproximadamente 1000 a 1200 hoyos por día por operador (3 a 4 veces más que con barreno o palín). Más importante aún, permite romper suelos compactados y crea un mejor hoyado donde crecerá la masa radical de la planta en forma libre sus primeros meses de vida.

b. Luego de haber realizado el hoyo, se puede agregar fertilizante u otro tipo de abonos orgánicos con el fin de promover el crecimiento inicial de los árboles. Cuando se decida realizar esta práctica aplicar no más de 100 g por planta de fertilizante.



c. Elimine la bolsa plástica y recójala. Las nuevas tecnologías utilizan el sistema Jiffy o *paper pot*, ambos biodegradables, por lo que no requieren su eliminación. Estas tecnologías favorecen el desarrollo libre de raíces. Pero se ha observado que al momento de plantar el árbol, se logra acelerar el crecimiento inicial de la raíz cuando se rasga ligeramente dos lados de esta cobertura. Finalmente posicione en forma recta el árbol en el centro del hoyo.



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

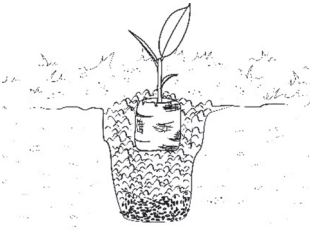


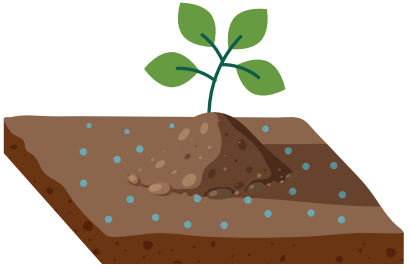
Figura 7. Árbol de laurel recién plantado con buenas características.
Fuente: Luis Garro, Tecnológico de Costa Rica.

Fertilización inicial de la plantación

Con base en el análisis de suelo se define la necesidad de fertilizar. En un suelo de baja fertilidad no podremos producir madera en forma comercial, a menos que se aplique fertilizantes para aumentar el crecimiento. El laurel es una especie que prefiere suelos de mediana a alta fertilidad y hay evidencia de la buena respuesta al encalado y fertilización. Los resultados del análisis podrían indicar la necesidad de utilizar algún fertilizante en particular, como en sitios con muy baja presencia de fósforo o de potasio. Puede ocurrir también, en suelos de buenas condiciones para la agricultura, que no sea necesario la aplicación de cal ni de fertilizante. Pero en la mayoría de los casos si será recomendable la utilización de fertilizantes. Por lo general, se recomienda fertilizar al momento de la siembra o un mes posterior al encalado. Como regla general, se inicia con dosis de entre 75 y 100 g de fertilizante granular alto en fósforo (NPK 10-30-10 / 12-24-12), aplicado dentro del hoyo si previamente se había aplicado la cal. O también, 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.

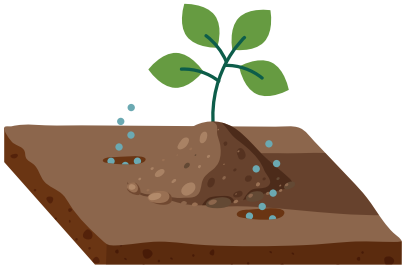
1. **Aplicación al voleo:** Esta técnica consiste en aplicar el fertilizante de forma superficial en toda el área de plantación. Esta forma de aplicación permite cubrir menor área en menor tiempo. Sin embargo, para que sea una práctica eficiente debe existir un adecuado control de malezas.

Al voleo.



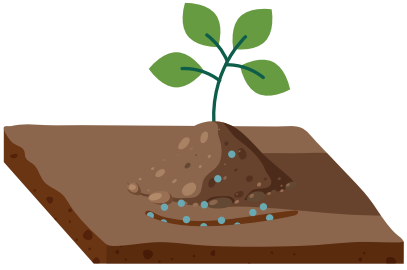
2. **Aplicación mediante espeque:** Se utiliza cuando no es posible asegurar un eficiente control de malezas o cuando se busca evitar pérdidas por volatilización o lavado por lluvia en sitios con pendiente. Esta práctica se realiza usualmente en plantaciones menores a los dos años.

Espeque. Hacer dos hoyos y echar fertilizante.



3. **Aplicación en "media luna"**. Esta técnica consiste en aplicar el fertilizante alrededor de la planta en un semicírculo hasta cubrir el área de proyección de la copa. O también, aplicado en forma continua a lo largo de la hilera de plantación en la banda de 1m de ancho libre de malezas.

Media luna. Distribuir el fertilizante alrededor de la planta hasta completar medio círculo..



4. **Fertilización foliar.**

   Esta actividad se utiliza principalmente en árboles recién establecidos que presentan deficiencias nutricionales visibles.

Foliar. Con bomba de espalda a las hojas.

Evaluación de la calidad del establecimiento

Para determinar si una plantación fue establecida correctamente, se pueden evaluar criterios relacionados con el establecimiento de los árboles y con la calidad de la planta que llegó al terreno (Figura 8). Mediante un procedimiento de muestreo se puede verificar en campo la calidad de cada árbol plantado. De manera ideal, esta evaluación se debe realizar antes de cumplir un mes de establecida la plantación.

El muestreo se puede realizar mediante a) parcelas temporales en forma de "L" (figura 8), o también, b) por medio del método de árboles individuales (en lotes pequeños o menores a 5ha).

Método mediante parcelas en "L" (a) consiste en establecer una a dos parcelas por hectárea, a partir de algún inicio aleatorio. El proceso aleatorio consiste en ubicar al árbol inicial que será el vértice de la parcela. Este árbol será evaluado y los siguientes siete árboles que continúan en la columna y otros siete árboles en la fila, lo cual da como resultado 15 posibles árboles en la parcela (sin importar si están presentes o muertos).

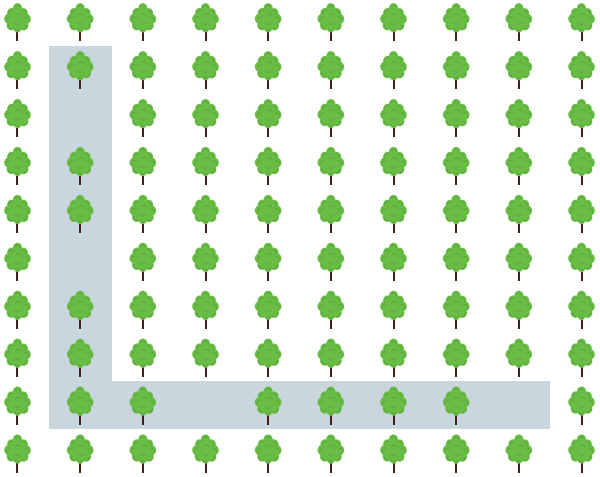


Figura 8. Parcela de muestreo en "L" con 8 árboles en la columna y 7 en la fila. Fuente: Rojas (2014).

Para localizar la primera parcela el técnico se ubica en cualquier esquina u orilla de la plantación; se elige un número aleatorio del 0 al 9, por ejemplo # 7; se debe entonces localizar al árbol siete en pie siguiendo la línea de plantación. Es importante mencionar que esta posición corresponde al inicio del conteo y no al inicio de la parcela. Desde este árbol se avanza entonces sobre la fila contando los árboles hasta encontrar al individuo 7, el cuál será el vértice o punto inicial de la parcela de muestreo. Las siguientes parcelas se ubicarán cada 20 a 25 árboles de manera sistemática avanzando sobre la misma línea. Observe que el conteo de las plantas se realizará a pesar de que haya alguna faltante.

Método por árboles individuales (b) se realiza de manera similar en cuanto al inicio aleatorio y búsqueda del primer árbol de donde iniciará el conteo. Con este método solamente se incluyen las plantas presentes. Por lo general se incluye en la muestra un individuo cada 25 (4% de intensidad), avanzando a lo largo de la hilera de plantación, retrocediendo en forma de zigzag al llegar al borde o final de la plantación. Una variante del método consiste en avanzar con dos hileras a la vez, pero llevando el conteo de los 25 árboles solamente en una de las dos hileras. Con esto se logra avanzar el doble de rápido. Adicionalmente, este método requiere el conteo de cuántas de las 8 plantas vecinas iniciales están vivas en pie alrededor de cada árbol que caiga en la muestra. Este dato será importante para obtener la mortalidad inicial de plantación.

A cada árbol incluido en la muestra se le evalúan todos los criterios tal y como se indica en el Cuadro 1. 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 (por separado) cuando es una planta idónea. Una calificación con un "2" o con un "3" dependerá de si la deficiencia observada es corregible o se deberá reemplazar la planta. Se procede con la evaluación de cada una de las cinco variables y al final se obtiene una sola calificación denominada **Calidad de la planta**, que recibirá valores 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 ideal debe tener al menos de 2 a 3 pares de hojas completas; 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 lignificada de manera adecuada. En ambos casos estas plantas no recibirán una calificación de calidad "1", pero son aceptables.

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**, 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 debe ser calificada con una calidad de siembra "3".

Cuadro 3. Plantilla de evaluación sugerida con los criterios de evaluación de la calidad de establecimiento de plantaciones forestales

Planta	h total (cm)	No hojas	Bifurcación (1 o 2)	Deficiencia nutricional (1o2)	Sanidad (1 a 3)	Calidad de la planta	Daño mecánico (1 o 2)	Inclinación sever (1 o 2)	Maleza en rodaja (1 o 2)	Riesgo de inundación (1 o 2)	Planta floja (1 o 2)	Calidad de siembra (1 a 3)
1	14,5	3	1	1	1	1	1	1	1		1	1
2	15	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	15,5	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	12	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
5	11,8	3	1	1	1	2	1	1	2	1	1	2
6	12,4	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	3
7	12,8	3	1	2	1	2	1	1	1	2	1	3
8	12	3	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
9	11,9	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
10	13,1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	15,8	3	1	1	1	1	1		1	1		1
12	14,3	3	1	2	1	2	1	2	1	1	1	3
13	14	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	13,8	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	13,2	3	1	1	1	1	1	1	1		1	1

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 en color verde), así también el detalle sobre la calidad de cómo fueron plantadas en el terreno, calificadas en cada categoría de 1 a 3 respectivamente. Para este ejemplo se registraron 8 plantas de calidad 1, 7 plantas de calidad 2 y ninguna de calidad 3, la calidad de las plantas sería: n1 = 8; n2 = 7; n3 = 0

$$\frac{n1 * 1 + n2 * 2 + n3 * 3}{n1 + n2 + n3}$$

$$\textbf{Calidad de la Planta} = \frac{8 * 1 + 7 * 2 + 0 * 3}{15} = \textbf{1,47}$$

Si transformamos este valor de 1,7 en una escala de 1 a 100 para facilidad de análisis e interpretación = (1+(1-**1,47**)/2)*100 = 76,5 que es una calificación buena.

El mismo análisis se debe realizar sobre la calidad del establecimiento de las plantas. Donde por ejemplo se podría haber registrado que nueve plantas fueron correctamente establecidas en campo, otras cinco aceptablemente plantadas y solamente una planta fue mal establecida con valores de n1 = 13; n2 = 1; n3 = 1

$$\textbf{Calidad de siembra} = \frac{12 * 1 + 1 * 2 + 2 * 3}{15} = \textbf{1,33}$$

Este valor se transforma a una escala de 1 a 100 = (1+(1-1,33)/2)*100 = 83,5 que es una calificación buena.

Otro criterio de interpretación es que 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%.

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 de 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 en sectores dejando espacios amplios sin árboles, entonces se recomienda resembrar antes de los primeros 30 días. Posterior al mes no se recomienda la resiembra ya que los árboles de reemplazo no alcanzarán a los ya establecidos. Estos se convertirán a futuro en árboles de raleo o un costo adicional 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 laurel y que pueden afectar su crecimiento y productividad en general. Se debe realizar su control porque competirán por espacio, agua, luz y nutrientes. Además, dificultan el acceso a la plantación y pueden 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.

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

El laurel es un árbol que tiene un crecimiento moderado al inicio y que requiere de una constante inversión en control de malezas en los años 1 y 2. Su copa no es densa por lo que no proyecta una sombra uniforme, lo que permite un paso importante de luz en los primeros años. 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.

Los primeros años son decisivos para el establecimiento y desarrollo de las plantaciones de laurel, donde es esencial mantener un adecuado control de malezas para lograr un buen crecimiento inicial de los árboles. La presencia frecuente de gramíneas (pastos) implica una competencia muy agresiva para los árboles. Los pastos son especies de plantas muy eficientes, que poseen la capacidad de adaptarse con facilidad a sitios con distintas condiciones, con un sistema radical muy denso y una alta velocidad de crecimiento y reproducción. Si no se interviene desde el inicio la plantación, los pastos pueden competir por recursos con los árboles hasta el punto de eliminarlos por lo que su control debe ser muy intenso durante el primero y segundo año.

Por otra parte los bejucos son especies particulares de malezas ya que pueden afectar la calidad del árbol y posibilidad futura de producción de madera e inclusive reducir su crecimiento. Su propagación ocurre muy rápidamente y su control es sumamente difícil.

Métodos de control de 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.
- **Mecánico:** Se utiliza motoguadaña o un tractor agrícola con una chapeadora. 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 4m que permita el paso de un tractor.
- **Químico:** Consiste en la eliminación de arvenses mediante la aplicación de herbicidas. Los productos químicos más utilizados son el glifosato, el metsulfurón methyl, el paraquat y herbicidas preemergentes como el Oxifluorfén.
- **Utilización de coberturas**: Es una opción válida en muchos sitios que se fundamenta en la siembra de alguna planta rastrera 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*.

Figura 9. Plantación de laurel con adecuado control de malezas, San Carlos, Zona Norte. Fuente: Olman Murillo, Tecnológico de Costa Rica.

Grados de control de malezas

Dentro de la plantación o sistema agroforestal se pueden controlar las malezas en tres grados de magnitud:

- **Rodajea:** se realiza principalmente cuando los árboles son jóvenes y consiste en la eliminación de cualquier tipo de planta alrededor del árbol, en aproximadamente 1m 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 arvenses a lo largo del carril o línea del cultivo de árboles, con un ancho aproximado de 1m.
- **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.

En el cuadro 4 se muestra una programación general de control de malezas para la especie.

Cuadro 4. Planificación del control de malezas para la plantación de laurel con una cosecha esperada a los 10-12 años.

Control de malezas	Mes	Inter-vencio-nes	Tipo de aplicación
Año 1	1 y 3	2	Rodajea manual, eliminación de bejucos
	1 y 6	2	Chapea con motoguadaña 100% del área entrecalles
	6	1	Rodajea química
	9 y 12	2	Control químico de malezas 100% del área
	10	1	Repaso control químico de malezas 15% área

Control de malezas	Mes	Inter-vencio-nes	Tipo de aplicación
Año 2	4	1	Chapea con motoguadaña 100% del área entrecalles
	6 y 10	2	Control químico de malezas 100% del área
	10	2	Repaso control químico de malezas 15% área
Año 3	4	1	Chapea con motoguadaña 33% del área
	6 y 10	2	Control químico de malezas 50% del área
	11	1	Repaso control químico de malezas 10% área
Año 4	4	1	Chapea con motoguadaña 25% del área
	6 y 10	2	Control químico de malezas 50% del área
	11	1	Repaso control químico de malezas 10% área
Año 5	4	1	Chapea con motoguadaña 15% del área
	6	2	Control químico de malezas 33% del área
Año 6	4	1	Chapea con motoguadaña 15% del área
	6	1	Control químico de malezas 20% del área
Año 7 en adelante	Se repite el año 6		

Es importante mencionar que la plantación debe recibir una limpieza al menos una vez al año, en especial antes de cada raleo o cosecha.

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. Cuando se realice la labor de rodajea 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, 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.

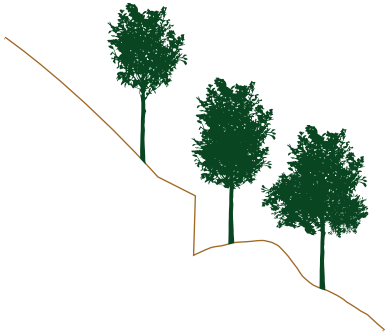


Figura 10. Mini terraza en plantación como obra de conservación de suelo.
Fuente: Elaboración propia.

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.

Fertilización en el manejo de la plantación

Existe evidencia abundante sobre los requerimientos del laurel en plantación y en asocio con café en sistemas agroforestales, que puede revisarse en detalle en el trabajo amplio de nutrición y fertilización forestal tropical desarrollado por Alvarado y Raigosa (2012, capítulo 13, 249-259). En todos los estudios realizados se encontró un efecto positivo en el crecimiento diamétrico después de aplicar dosis sucesivas cada 2 a 3 meses de 85 y 170g de fertilizantes (N, P, K), a partir de los 3 meses de establecida la plantación. Especialmente en suelos de fertilidad baja a media. De manera empírica se ha observado un crecimiento del diámetro a la altura del pecho (DAP) de más de 4 cm/año, en sistemas agroforestales con café del valle central, donde reciben una encalada anual y dos a tres fertilizaciones por año: 100 a 200 g de cal por planta; 100 g por árbol con fórmula completa cada 2 meses; una fertilización final nitrogenada de 100 g por árbol. Esta evidencia empírica sugiere que debemos fertilizar anualmente en sitios de mediana fertilidad natural. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que en proporción a la biomasa del árbol, así también debe ir aumentando el requerimiento y dosis de fertilizante. De conformidad con el avance en investigación, se irá desarrollando una curva de absorción de nutrimentos de la especie, de modo que permitirá determinar las necesidades anuales de fertilización del laurel.

Análisis foliar para determinar la necesidad de fertilizar

El análisis foliar puede ser una actividad complementaria a los análisis de suelos, que brinda información valiosa sobre la actividad de crecimiento del árbol. Debe recordarse que el análisis foliar registra lo que el árbol está realmente absorbiendo. Mientras que el análisis de suelo es un indicador de lo que está disponible en el suelo, pero que no necesariamente es asimilado por el árbol. Esto es particularmente

importante en el laurel por ser una especie que pierde su follaje en el periodo seco y parte de lo absorbido volverá al suelo, en un ciclo anual de reciclaje continúo. La muestra para análisis foliar deberá ser tomada en el mes de diciembre o un mes antes de iniciada la floración, para evitar que el árbol haya traslocado (transferido) los nutrientes a las flores y frutos. En los estudios realizados se ha determinado que el laurel absorbe **calcio** y **magnesio** de manera importante. En el cuadro 5 se puede observar los valores del nivel crítico foliar para el laurel

Cuadro 5. Valores sugeridos para interpretar nivel foliar de nutrimentos en plantaciones de laurel (adaptado de Alvarado y Raigosa 2012, tomado de Cadena 1989; Drechsel y Zech 1991; Herrera y Finegan 1997).

Elemento	Valor Adecuado
N (%)	2,46 – 2,98
P (%)	0,26 – 0,38
K (%)	0,91 – 1,12
S (%)	0,26 – 0,30
Ca (%)	1,42 – 1,66
Mg (%)	0,65 – 0,73
Cu (mg kg^{-1})	32 – 41
Zn (mg kg^{-1})	55 – 64
Mn (mg kg^{-1})	64 – 77
Fe (mg kg^{-1})	126 – 142
Al (mg kg^{-1})	120 – 320
B (mg kg^{-1})	65 - 70

La poda

El laurel es una especie que presenta algún nivel de autopoda, sin embargo, no ocurre de manera temprana y las ramas en verticilo continuarán creciendo y formando nudos en la madera. Por lo que se debe iniciar con la poda baja o de la primera troza desde el primer año, donde se eliminen los primeros dos o tres verticilos en todos los árboles presentes, hasta una altura aproximada de 1,5m. Esta actividad se puede realizar cuando los árboles hayan alcanzado al menos 4m de altura total. Una vez que el árbol continúa creciendo, se podrá subir la poda hasta alcanzar los 2,5m de altura. Con esta poda se logra completar una primera troza futura libre de nudos.

En los primeros 4-6 meses se requiere iniciar con la poda de formación, que consiste en la eliminación de bifurcaciones, rama gruesa o cualquier tipo de rama no deseable que afecte el crecimiento vertical dominante del árbol. 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. El laurel es un árbol que responde bien a esta poda correctiva siempre y cuando se realice lo antes posible, normalmente en los primeros meses de plantado. Poco tiempo después de esta poda de formación, el árbol por lo general recuperará la dominancia de la yema principal.

La poda hasta la segunda troza (5 m) se podrá realizar cuando los árboles en promedio tengan una altura total de al menos 10 m. Esto ocurrirá entre el año 2 o inicios del año 3, dependiendo de la velocidad de crecimiento. La poda alta hasta los 7,5m de altura aún no se acostumbra en la especie, dado que, con el material genético disponible a la fecha, muy pocos árboles alcanzan esta altura comercial, sin bifurcaciones o pérdida de dominancia apical. Conforme se avance en la disponibilidad de mejor material genético, es posible que en nuevas plantaciones mejoradas la altura comercial alcance los 10 m de fuste comercial. En el cuadro 6 se resume un programa de poda en laurel que podrá ser utilizado de guía.

Cuadro 6. Esquema de poda para plantaciones de laurel en Costa Rica

Tipo de poda	Edad (meses)	Descripción
Poda de formación	3 - 6	Se busca corregir daños y cualquier defecto inicial de la yema principal, como bifurcación, torcedura basal, daño por bejuco, por viento, etc.
Poda baja hasta dos o tres verticilos (2,5 m de altura)	6 y 18	Se realiza en dos fases, procurando no eliminar ramas más arriba del 50% de la altura total del árbol. Primera fase se poda hasta aproximadamente 1,5m y la segunda fase se completa al alcanzar 2,5m de altura. Se poda el 100% de los árboles, con excepción de algún árbol enfermo, suprimido.
Poda media (5m de altura)	30 - 36	Inicia cuando el árbol alcance al menos 10-12 m de altura total. Se poda solamente a los mejores 50% de los árboles con el propósito de producir madera a futuro de alta calidad o libre de nudos.

Con respecto al corte de la rama este debe ser limpio sin dejar ningún segmento o tocón. El corte debe evitarse que ocurra de manera profunda ya que afecta y retarda el proceso de cicatrización. Se puede aplicar algún sellante para cubrir la herida de poda, con el fin de prevenir el ingreso de algún patógeno, insecto o bacteria que pudiera causar una infección. La elección de la herramienta de poda dependerá de factores como grosor de rama, ángulo de inserción, número de verticilos, altura a la que se debe realizar, entre otros. Las herramientas más utilizadas son el rabo de zorro, serrucho y motosierra, además de la tijera podadora y la podadora con brazo expandible.

Tal y como se observa en la figura 11, con el laurel se dificulta a veces lograr un buen corte al haz del fuste debido a su sistema de rama en verticilo. Esto dependerá de la herramienta y del ángulo de inserción de las ramitas.

Figura 11. Árbol de laurel con ejecución de la poda baja (eliminación del verticilo) que ha dejado sobresaliendo el muñón de las ramitas.
Fuente: Olman Murillo, Tecnológico de Costa Rica.

Manejo de plagas y enfermedades

El manejo integrado de plagas (MIP) en plantaciones es importante para garantizar la sanidad y optimizar su desarrollo. Este concepto consiste en la aplicación de un conjunto de estrategias de prevención, control y monitoreo que buscan mantener la plantación libre de plagas y enfermedades. Entre las tácticas de control se encuentran el manejo silvicultural (podas, raleos, encalado, otros), biológico (aplicación de *Trichoderma*, bioinsumos de varios tipos, entre otros) y aplicación de productos químicos (insecticidas, fungicidas, bactericidas, entre otros) cuando sea requerido.

De manera ideal se debe realizar todo el esfuerzo posible para prevenir la aparición de plagas y enfermedades. 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 su control será mucho mayor. Enfermedades sin control pueden llegar a provocar mortalidad y pérdidas importantes en la plantación. Por lo tanto, el principio es no escatimar esfuerzos ni recursos en acciones de prevención, para evitar tener que aplicar medidas correctivas, que a veces no logran evitar la muerte del árbol o imposibilitan la comercialización futura de su madera.

Principales plagas en el cultivo de laurel

Las principales plagas encontradas en plantaciones de laurel son la zompopa, chinche de encaje, royas del follaje, matapalo y el anillador del tronco.

***Atta* sp. Hormiga cortadora (Orden: Hymenoptera; Familia: Formicidae)**

Nombre científico: *Atta* spp.

Nombre común: zompopa, zompopo, hormiga arriera.

En plantaciones de *Cordia alliodora* es considerada una plaga de importancia, desde el establecimiento del cultivo y durante el primer año del ciclo de producción.

Daños

Las hormigas, cortan trozos de hojas en forma de medialuna (Figura 12), 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.

Figura 12. Daños producidos por hormiga zompopa. Corte en forma de medialuna. Fuente: Marcela Arguedas, Tecnológico de Costa Rica.

Manejo

Para su control se pueden recurrir a métodos mecánicos, biológicos o químicos. La selección del método de control dependerá de la cantidad y tamaño de los hormigueros. Si se realiza un control químico se recomienda utilizar cebos o en casos más específicos insecticidas de contacto. Entre los principios activos más comunes se pueden encontrar: octoborato de sodio, sulfaramid, fipronil, entre otros.

***Dictyla monotropidia* (Orden: Hemiptera; Familia: Tingidae)**

Nombre científico: *Dictyla monotropidia*.

Nombre común: Chinche de encaje.

En plantaciones de *Cordia alliodora,* es considerada una de las principales plagas, cuando las plantaciones son jóvenes y con alta incidencia durante los meses de sequía o periodos secos de corta duración.

Daños

Los adultos y las ninfas de diferentes estadios se agrupan en el envés de las hojas. Su aparato bucal tipo picador-succionador, provoca daños como decoloración, marchitez, necrosis y caída de las hojas (Figura 13). En árboles pequeños, el daño puede causar la muerte en forma directa, o bien de manera indirecta. El debilitamiento del árbol lo hace más susceptible a la competencia por malezas (CATIE, 1994).

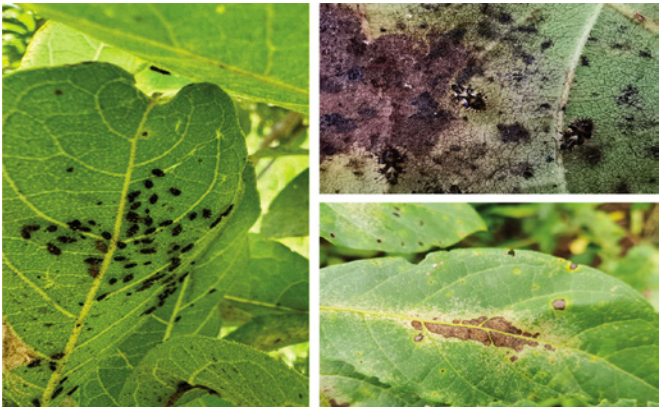


Figura 13. Daños producidos por la *Dictyla monotropidia*, en laurel.
Fuente: María Rodríguez, Tecnológico de Costa Rica.

Manejo

Se recomienda una o dos aplicaciones de algún insecticida como tiametoxam + clorantraniliprol, imidacloprid, fenitrothion y clothianidin, durante los periodos de sequía en plantaciones jóvenes. Si el ataque es muy severo se puede realizar aplicaciones cada 22 días en los árboles afectados y en las hojas del suelo infestadas.

***Puccinia cordiae* (Orden: Pucciniales; Familia: Pucciniaceae)**

Nombre científico: *Puccinia cordiae*

Nombre común: Roya del Laurel

Síntomas

Las royas producidas por hongos del orden Uredinal, son conocidos por la inducción de pústulas que contienen esporas con apariencia de un polvillo herrumbroso sobre los tejidos de sus hospedantes (figura 14); sin embargo, también pueden causar hipertrofias e hiperplasias, escobas de bruja y formación de pseudoflores (Zuluaga et al, 2011).

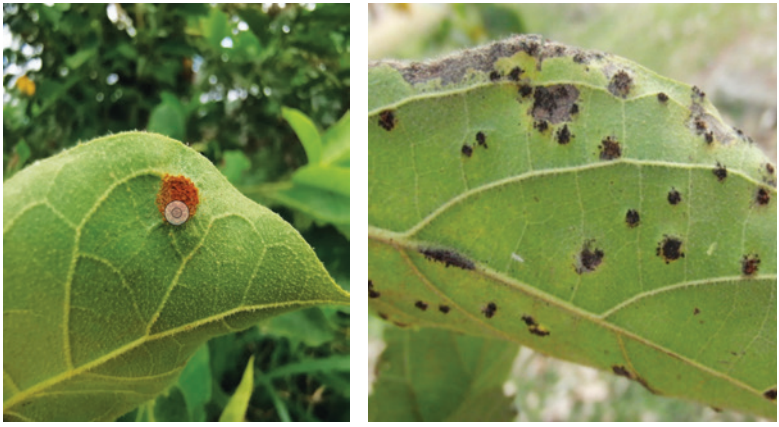


Figura 14. Pústulas causadas por *Puccinia cordiae*, en laurel. Foto Marcela Arguedas Gamboa, Tecnológico de Costa Rica.

Manejo

A nivel de vivero, los fungicidas constituyen el principal grupo de productos químicos utilizados para el manejo de las enfermedades fúngicas de plantas; pueden actuar como preventivos o curativos, permaneciendo en la superficie de la planta o ingresando a la misma, pueden moverse dentro e incluso alcanzar el sistema vascular y trasladarse por éste.

***Phoradendrum robustissimum* (Orden: Santalales; Familia: Loranthaceae)**

Nombre científico: *Phoradendrum robustissimum.*

Nombres comunes: Matapalo, muérdago.

Síntomas

Esta plaga presenta una amplia distribución en Costa Rica, en árboles adultos de laurel forma grandes abultamientos en los troncos y ramas que incluso podrían generar la muerte del individuo (CATIE, 1994). Las raíces de penetración del matapalo producen deformaciones en la madera (Figura 15), lo que afecta sustancialmente el valor comercial de los árboles.

Figura 15. Daños ocasionados por el *Phoradendrum* en árboles de *Cordia alliodora,* Fuente: Marcela Arguedas Gamboa, Tecnológico de Costa Rica.

Manejo

Para un adecuado manejo, es importante eliminar el muérdago antes de que produzca semillas y se extienda a otras ramas o árboles. Se recomienda realizar una poda al menos 25 cm por debajo del punto de infección. Esto se debe a que simplemente retirar las plantas visibles del muérdago no es suficiente para erradicarlo, ya que mantiene una fuerte conexión con el árbol huésped. Partes del haustorio (estructuras similares a raíces) permanecen incrustadas en la rama del hospedero, lo que facilita su rebrote.

***Oncideres punctata* (Orden: Coleoptera; Familia: Cerambycidae)**

Nombre científico: *Oncideres punctata*

Nombres comunes: Abejón serrucho

Daños

Este abejón mordisquea el perímetro del tallo de árboles de menos de dos años (Figura 14) y ramas delgadas, formando un anillo donde logra depositar sus huevos en la parte superior de la franja. Esta herida interrumpe el paso de la savia ocasionando la muerte por anillamiento. Esto con el fin de garantizar alimento a la progenie, ya que, en su estado larval, esta plaga se alimenta de xilema muerto (Arguedas y Chaverri, 1997).

Manejo

Es necesario mantener las plantaciones limpias de malezas y tener una adecuada planificación de chapeas, esta labor reduce la proliferación de los barrenadores. Cuando la incidencia en la plantación es baja, se recomienda cortar y extraer los árboles atacados, si el ataque es en las ramas, estas se deben cortar y quemar para evitar la propagación de la plaga (Arguedas, 2012).

Figura 16. Insecto y daños causados por *Oncideres punctata* en árboles de laurel, Foto a. UGA 1435156, b. Marcela Arguedas Gamboa, Tecnológico de Costa Rica.

Raleos y cosecha de la plantación

La plantación de laurel con buen crecimiento requiere un primer raleo aproximadamente a los 5 años. Un segundo raleo podrá realizarse a los 9 años y planificar la cosecha final a los 12 años. Esto dependerá de la región del país y su tasa de crecimiento. Importante recordar también **la edad necesaria para la formación de duramen de la madera**, que es un factor determinante de mercado. Se estima que a los 12-14 años, el diámetro del duramen haya alcanzado aproximadamente el 45% del DAP en la base del árbol, pero que irá disminuyendo con la altura del fuste (Tenorio *et al*. 2016).

El primer raleo es por lo general de baja rentabilidad, por lo que se busca posponerlo a la mayor edad posible para lograr un crecimiento diamétrico mejor. Debe tenerse presente que este raleo busca eliminar los árboles de menor crecimiento, sanidad y calidad, por lo que estos árboles tienen en promedio, un diámetro de unos 3 cm inferior al promedio de la plantación en ese momento. Si la plantación crece a un ritmo de 2,5 cm por año, tendrá en promedio alrededor de 15 cm en 5 años, pero los árboles a ralear tendrán 12 cm en promedio. Con ese diámetro, se podrá obtener un promedio de dos trozas cortas (1,2m de longitud) de madera para tarima. Debe también recordarse que aproximadamente un 33% de los árboles del primer raleo no llegan a tener ningún valor comercial. Si se plantan 714 árboles/ha al inicio (espaciamiento de 4 x 3,5m), en este primer raleo (50%) se extraerá entre 300 y 350 árboles dependiendo de la mortalidad. De los cuales, unos 200 a 250 tendrán características comerciales.

Los restantes 364 árboles que quedan en pie 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 se pueda realizar un segundo raleo a los 9 años (se extraen unos 150 árboles, 40% de intensidad) donde se obtendrá madera mediana con DAP promedio de 18 cm. Finalmente, la cosecha se realizará a los 12 años con 150 a 200 árboles con aproximadamente entre 25 a 30 cm en su DAP (Cuadro 5).

Estas decisiones de raleo y cosecha dependerán también de la oportunidad de mercado existente cerca de la plantación. Podría también ocurrir, que se realice un tercer raleo a los 12 años (100 árboles) y

postergar la cosecha a los 15 años, para buscar un mejor diámetro final. El razonamiento de estas opciones de producción a más largo plazo está en la búsqueda de un mayor precio potencial por la madera gruesa (> 10 pulgadas ticas). Una desventaja es que la madera de mayor dimensión requiere involucrar un cambio en el sistema de cosecha. Se necesitará del uso de maquinaria de mayor envergadura, que por lo general no está al alcance de un pequeño productor. Posiblemente sea una mejor decisión no postergar la cosecha a 15 años, ya que habrá material genético disponible con mayor crecimiento, mayor conocimiento sobre el manejo del suelo, que resultaría en mayor rentabilidad iniciar con una nueva plantación.

Cuadro 7. Programa de raleos y cosecha para una plantación de laurel con un turno de 12 años

Edad (años)	Árboles a dejar en pie (N)	Árboles a ralear	Diámetro promedio (DAP)
Inicio	714		
5	350	300 (250 comerciales)	12 a 14 cm 5-6 pulgadas
9	200	150	19 a 23 cm 7-9 pulgadas
12		200	25-30 cm 9 a 11 pulgadas

Costos de producción

Los costos de producción de una hectárea de laurel varían entre regiones del país. En zonas muy lluviosas como en el caribe y partes del Pacífico sur, el control de malezas aumenta y requiere de al menos intervenciones cada dos meses durante el primer año. En el cuadro 6 se muestra en detalle, año con año, un modelo de costos o de inversión esperada en una plantación de laurel en Costa Rica.

Puede observarse que el control de malezas es sin duda la actividad más costosa y representa casi un 25% (₡535 000/ha o poco más de $1050/ha) 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 (motobombas).

En cuanto al costo de las plantas, estas tienen un valor que varía entre ₡270 y ₡325 por unidad, que significan aproximadamente un 9% del costo global. Pero el productor debe considerar no solo el costo, sino también el origen genético, ya que plantas provenientes de programas de mejoramiento genético, son materiales certificados, más seguros y estables en producción. Por lo que invertir en plantas de una mejor calidad genética, significarán un beneficio en una producción mucho mayor.

La asistencia técnica representa un costo muy bajo 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 guía de gran valor para el buen desarrollo de la plantación. Por tanto, para el productor la relación costo beneficio será sin duda muy beneficiosa con la inversión en asistencia técnica. De preferencia, el tema del apoyo técnico deberá ser canalizado a través de organizaciones locales.

Cuadro 8. Costos de producción de laurel para un ciclo de 12 años (con cosecha en el periodo seco del año 13) zona norte de Costa Rica. No incluye gastos administrativos.

Año 1 Formulación y gestión del proyecto	₡18 000
Año 1 Establecimiento y preparación del terreno	₡600 000
Año 1 Mantenimiento y Manejo: Primera poda (de formación) y segunda poda (en el primer verticilo) (mes 6)	₡370 000
Año 2 Mantenimiento y Manejo: Poda baja (mes 18)	₡245 000
Año 3 Mantenimiento y Manejo: Poda media a la altura de 5 metros	₡240 000
Año 4 Mantenimiento y Manejo	₡130 000
Año 5 Mantenimiento y Manejo: I Raleo en época seca	₡170 000
Año 6 Mantenimiento y Manejo	₡21 000
Año 7 Mantenimiento y Manejo	₡17 000
Año 8 Mantenimiento y Manejo	₡21 000
Año 9 Mantenimiento y Manejo: II Raleo en época seca	₡140 000
Año 10 Mantenimiento y Manejo	₡21 000
Año 11 Mantenimiento y Manejo	₡17 000
Año 12 Mantenimiento y Manejo	₡21 000
Año 13 Cosecha final en época seca	₡140 000
Asistencia técnica	₡81 800
Total	₡2 171 000

En términos globales, el costo de plantar laurel en US dólares es de aproximadamente $4250 por hectárea en un ciclo de 13 años (1 $ = ₡510) en zonas donde se requiere de un alto control de malezas, que es el rubro más caro. Un pequeño o mediano productor podría también reducir costos de

algunas actividades, hasta lograr un costo mínimo de inversión de US $3500/ha. Esto es también especialmente válido en regiones con un periodo seco más prolongado, como el Pacífico Norte y Pacífico Central del país, donde el control de malezas es un tanto menor.

Puede observarse que la inversión en el año 1 puede alcanzar ₡1 millón o poco más de los $1950, que representa alrededor del 45% de los costos globales. El año dos requiere de aproximadamente ₡245 000 mil colones que corresponde a un 11% de los costos. Es decir, el año 1 y 2 juntos representan más del 55% de todos los costos de la plantación. En el cuadro 9 se puede observar la distribución de costos por hectárea según el rubro.

Cuadro 9: Distribución de costos en las actividades principales para cultivar una hectárea de laurel en Costa Rica.

Actividad	Costo	Proporción
Asistencia técnica	₡ 80 800	3,7 %
Mano de Obra	₡1 110 000	51,0 %
Insumos	₡900 000	41,4%
Herramientas	₡45 000	2,0 %

Las actividades costo de plantas (9%) y control de malezas (25%) forma parte de los insumos.

En cuanto a la distribución de los costos, puede observarse que la mano de obra representa el 51% de los costos totales. Este valor ya incluye el 40% de las cargas sociales (menos la cesantía) y el 4,6% 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 $692 salario mensual líquido al I semestre 2025), por lo que las investigaciones buscan como simplificar procedimientos de campo, incluir nuevas tecnologías y la posibilidad de mecanización. Finalmente, estos costos se basan en experiencias con pequeños y medianos finqueros con proyectos menores a 25 hectáreas. En plantaciones de inversionistas más grandes, se deberá incluir un 10% de gastos administrativos.

Crecimiento esperado de los árboles

Con el desarrollo de la silvicultura clonal y con la aplicación de mejores prácticas silviculturales de preparación y manejo de las plantaciones, el laurel puede experimentar un mayor crecimiento y productividad. Con el propósito de que el productor pueda determinar si su plantación lleva un crecimiento adecuado, se ajustó un modelo que permite determinar el crecimiento esperado del diámetro a la altura de pecho (DAP) a cualquier edad (Cuadro 10, Figura 16).

En buenos sitios y con un buen manejo de la plantación se espera que al año 12 los árboles alcancen hasta 32 cm de DAP, con un crecimiento anual (IMA) mayor a 2,5 cm. Mientras que en sitios más pobres donde la especie no tenga una tasa óptima de crecimiento, puede llegar a tener al menos 27 cm de dap, con un crecimiento anual promedio de 2,2 cm. Puede también ocurrir que, con algunas mejoras en el suelo, encalado, fertilización y buen control de malezas, el laurel podría mejorar su tasa de crecimiento. Tal y como ocurre en plantaciones de laurel en cafetales, donde manifiesta una tasa de crecimiento mucho mayor (DAP con 3 a 3,5 cm/ año), dado el beneficio del protocolo de fertilización en el cultivo del café en el país.

Cuadro 10. Crecimiento esperado del diámetro (DAP) en plantaciones de laurel en Costa Rica.

Edad	Sitio bajo	Sitio promedio	Sitio con alta fertilidad
1	3,4	4,0	4,7
2	6,1	6,9	7,8
3	8,6	9,7	10,8
4	10,9	12,3	13,7
5	13,2	14,9	16,5
6	15,4	17,4	19,1

Edad	Sitio bajo	Sitio promedio	Sitio con alta fertilidad
7	17,5	19,8	21,6
8	19,6	22,1	23,9
9	21,6	24,3	26,1
10	23,7	26,4	28,2
11	25,6	28,4	30,2
12	27,6	30,4	32,0

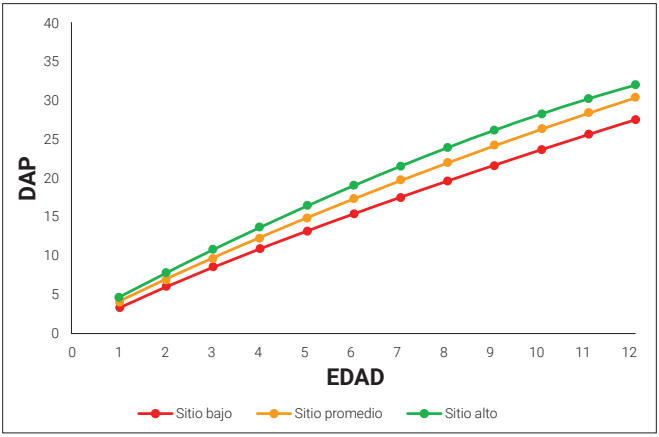


Figura 17. Modelo de crecimiento esperado para plantaciones de laurel en Costa Rica.

Producción esperada de una plantación

Bajo buenas condiciones de manejo se espera que una plantación de laurel, con una densidad inicial de 714 árboles por ha (espaciamiento inicial de 4 x 3,5m), con dos raleos y una cosecha final al año 12, tenga la siguiente producción como se muestra en el cuadro 9. Para la estimación del volumen, se asumió que en el primer raleo, un 16% de los árboles no tienen valor de mercado por torceduras de fuste, por bajo diámetro y mortalidad de la plantación.

Cuadro 11. Producción esperada por hectárea en una plantación de laurel con dos raleos y una cosecha al año 12 en diferentes calidades de sitios en Costa Rica.

Edad de Raleo y Cosecha	Árboles a cosechar	Sitio Baja Producción	Sitio Producción Media	Sitio Alta Producción
DAP (5 años)	250	12 (cm)	13 (cm)	14,5 (cm)
Vol. Tarima (Pulg)		2560	4805	7472
DAP (9 años)	150	19 (cm)	22 (cm)	23,5 (cm)
Vol. Com. Bloque (m^3)		13,0	17,4	30
Vol. Com. Tarima (pulg)		2090	2675	4012
DAP (12 años)	200	25 (cm)	28 (cm)	30 (cm)
Vol. Com. Bloque (m^3)		44,0	56,0	84,5
Vol. Com. Tarima (pulg)		3570	3570	5350
Total Vol Bloque (m^3)		57,0	73,4	113,7
Total Vol Tarima (pulg)		8215	11046	16834

La pulgada maderera tica (PMT) se calculó con la relación de 1m^3 = 362 PMT. El primer raleo se estima que solo producirá madera para tarima. En el segundo raleo y en la cosecha se obtendrá madera para aserrío y para tarima. Para el cálculo de volumen del primer raleo se utilizó trozas de 1,25 m de largo y un diámetro mínimo de 12 cm. Para el volumen del segundo raleo se utiliza una altura comercial de 5m (una troza para aserrío de 2,3m y dos trozas para tarima de 1,25m). Para la cosecha final se espera que los árboles alcancen 7,5m comerciales (dos trozas para aserrío de 2,3m y dos trozas para tarima de 1,25m). El volumen de madera gruesa para aserrío se estimó con base en el bloque interno, es decir, un 65% del volumen redondo que posteriormente fue convertido a PMT por el factor 362.

Puede observarse entonces de manera conservadora, que en una plantación de laurel de baja productividad, se obtendría 57 m^3 maderables y poco más de 8000 PMT para tarima. Mientras que en los sitios de mayor productividad se obtendrá poco más de 110 m^3 maderables y alrededor de 17 000 PMT. El mercado nacional paga hoy día alrededor de ₡130 por

PMT en pie. Con esto se obtendría para sitios de baja productividad un ingreso estimado de alrededor de ₡1,1 millones de colones en tarima y ₡2,7 millones en madera para aserrío, para un total de ₡3,8 millones. En sitios de buena productividad, se obtendría ₡2,2 millones en tarima, ₡5,3 millones en madera para aserrío, para un total de ingresos de ₡7,5 millones en total. Estos valores se basan en el modelo de crecimiento ajustado para la especie, para un turno de 12 años. Si la plantación se mantiene en pie unos 2 a 3 años más, se espera que esta producción sea aún mayor. Así también, es importante mencionar, que la productividad de la plantación puede aumentarse si se incorporan buenas prácticas de manejo silvicultural, un sitio adecuado para la especie, un buen control de malezas, el encalado en suelos ácidos, la fertilización, la poda y el raleo oportuno.

Uso y comercialización de la madera

La madera de laurel ha mantenido su demanda en el mercado por su belleza y sus múltiples usos en construcción de vivienda, mueblería, puertas y ventanas e instrumentos musicales, con una trabajabilidad muy alta que le ha conferido una amplia aceptación. En relación con sus propiedades, la madera es de densidad media o semidura, con valores de peso específico básico desde 0,39 hasta 0,44, pero en condición seca al aire puede alcanzar 0,52 g/cm^3, por lo que se le considera una madera liviana o semidura (Moya *et al.* 2019). Los autores mencionan que es una madera de fácil aserrío por presentar grano recto, aunque tiende a liberar tensiones de crecimiento en árboles delgados que pueden ocasionar rajaduras en dirección de la médula y pandeos en un 17% de las piezas. Se reporta un rendimiento bueno en el aserrío de árboles rectos de 30 cm en DAP (55%) y hasta 60-65% con diámetros > 35cm. Pero que disminuye a un 30-40% en diámetros < 20cm.

En cuanto al secado de la madera, el laurel es considerada una especie con alto contenido de humedad inicial, pero de fácil eliminación del agua. Con piezas delgadas (< 2,5 cm de espesor) se logra un secado al aire rápido y fácil hasta un 20% de contenido de humedad en 17 días (4,2% por día). Mientras que con piezas de 7,5 cm de espesor, el secado al aire puede tardar 50 días (1,4% por día, Moya *et al*. 2019). El secado al horno de piezas de 2,5cm de espesor (CH de 160%) requiere de casi 170 horas para bajar al 12% de CH, por lo que se recomienda una tasa diaria de secado del 8% diario.

La troza de madera que alcance entre las 8 y 10 pulgadas (25 y 30 cm en DAP) tienen un valor de mercado de ₡230 por PMT (Pulgada Maderera Tica), que podría aumentar hasta casi los ₡300 para madera gruesa o superior a las 10 pulgadas o 30cm. Es importante mencionar que el precio de la madera aserrada es de ₡675 colones por pulgada (ONF, 2024).

Agradecimiento

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) mediante las aportaciones voluntarias de los gobiernos de los Estados Unidos de América y Japón y de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Literatura

Alvarado A., Raigosa J. 2012. Nutrición y Fertilización Forestal en Regiones Tropicales. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Editorama, S.A. San José, Costa Rica. 415 p.

Arguedas, M; Chaverri, P. 1997. Problemas fitosanitarios en *Cordia alliodora* (laurel) en Costa Rica. Tecnología en Marcha 13(2):18-24.

Arguedas-Gamboa, M. (2007). Plagas y enfermedades forestales en Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 4(11-12), pág-1.

Arguedas, M. (2012). Escarabajos barrenadores de la madera: reconocimiento de daños y manejo. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 1(1), pág. 87–89.

Boshier, D., & Lamb, A. (1997). *Cordia alliodora*. Genética y Mejoramiento de Árboles. Oxford Forestry Institute, Department of Plant Sciences, University of Oxford. Oxford, United Kingdom University Press. 100 p. Tropical Forestry Research Papers, N° 36.

Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. (1994). Laurel *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken, especie de árbol de uso múltiple en América Central. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 41 p.

Leakey R y Mesén. F. 2019. Métodos de propagación vegetativa en árboles tropicales: Enraizamiento de estacas suculentas. Mejoramiento y conservación de recursos genéticos forestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. pág. 14.

Mesén, F. (1990). Conservación de la diversidad genética de especies latifoliadas centroamericanas: Esfuerzo conjunto CAMCORE/CATIE/USAID. Noticiero Mejoramiento Genético y Semillas Forestales para América Central, (5): 15-18.

Mesén, F 2018. Establecimiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Serie Técnica, Manual Técnico No. 30 Turrialba, Costa Rica. 41 p.

Moya, R., Tenorio, C., Salas, C., Berrocal, A., Muñoz, F. 2019. Tecnología De La Madera. Plantaciones Forestales. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. 494 p.

Murillo, O. y Badilla, Y. 2015. Definición de una metodología de muestreo de contratos del Programa de Pago de Servicios Ambientales, para la medición de la biomasa, para el desarrollo de proyectos de comercialización de créditos de carbono. Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). San José, Costa Rica. 108 p.

Murillo, O. (2018). ¿Cuáles especies forestales nativas debemos priorizar en el país? Ambientico, 269(1), 4-9.

Murillo, O., Badilla, Y. 2023a. Potencial económico del cultivo de laurel (*Cordia alliodora*) en sistemas agroforestales con café en Costa Rica. En: III Simposio de cultivo de especies nativas en Costa Rica. Turrialba, CATIE, Costa Rica 18-20 Abril 2023.

Murillo, O., Badilla, Y. 2023b. Árboles maderables como sombra en el cafetal. Manual. Taller de Publicaciones. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Mayo 2023. Cartago, Costa Rica. 26 pp.

Oficina Nacional Forestal. (2024). Boletín. Precios de la madera para las especies más comercializadas. San José, Costa Rica.

Reyes C.E. 1997. Estimación del incremento diamétrico en *Cordia alliodora* y *Vochysia ferrugínea* a partir de variables del árbol y factores del sitio en un bosque secundario en Costa Rica. Tesis M.Sc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 119 p.

Rodríguez, A., Badilla, Y., Murillo, O. 2023. Mejoramiento de la productividad clonal de *Cordia alliodora* en ambiente protegido en Costa Rica. En: XII Simposio Int. Manejo Sosten. Rec. Forest. 22-24 Noviembre. Facultad Ciencias Forestales y Agropecuarias, Universidad de Pinar del Río. Pinar del Río, Cuba.

Sebbenn, A.M., D.H. Boshier, M.L.M. Freitas, A. C. S. Zanatto, A. S. Sato & L. C. Ettori, E. Moraes. 2007. Results of an International Provenance Trial of *Cordia alliodora* in São Paulo, Brazil at Five and 23 Years of Age. Silvae Genetica 56: 3-4

Tenorio, C. Moya, R., Salas, C., Berrocal, A. 2016. Evaluation of wood properties from six native species of forest plantations in Costa Rica. Revista Bosques 37(1): 71-84. DOI:https://doi.org/10.4067/S0717-92002016000100008.

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.

Zuluaga, C., Buriticá, P., & Marín, M. (2011). Filogenia de hongos roya (Uredinales) en la zona andina colombiana mediante el uso de secuencias del ADN ribosomal 28S. Revista de Biología Tropical, 59(2), 517-540.

Diseño e impresión Unidad de Publicaciones, TEC. 04/25