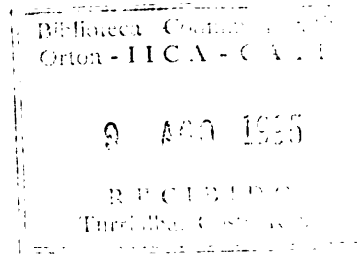


**Serie Técnica
Informe Técnico No 248**



Jaúl

***Alnus acuminata* ssp. *arguta*, (Schlechtendal) Furlow
ESPECIE DE ARBOL DE USO MULTIPLE EN
AMERICA CENTRAL**

**Publicación Patrocinada por el
Proyecto Diseminación del Cultivo de Arboles de Uso Múltiple
(MADELEÑA-3)**

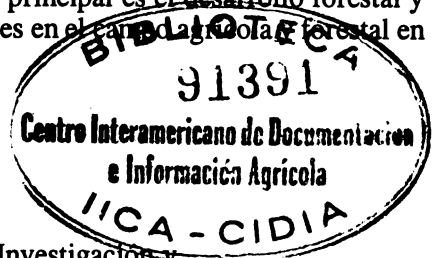
**CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
CATIE**

**Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales
Area de Manejo y Silvicultura de Bosques Tropicales
Turrialba, Costa Rica, 1995**

El CATIE es una institución de carácter científico y educacional, cuyo propósito fundamental es la investigación y enseñanza a nivel de posgrado, de las ciencias agropecuarias y los recursos naturales renovables aplicados al trópico americano, particularmente en los países de América Central, México, Venezuela y el Caribe.

MADELEÑA-3 es un proyecto de diseminación y manejo de información del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central y Panamá. Es financiado por AID/ROCAP-FINNIDA y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, DGRN y CENTA de El Salvador, MARENA de Nicaragua y DIGEBOS de Guatemala, con la coordinación regional del CATIE.

FUNDECOR es la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica, cuyo objetivo principal es el desarrollo forestal y la capacitación a técnicos y agricultores en el manejo forestal en varias regiones del país.



© Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica, 1995.

ISBN 9977-57-199-6

634.973976

J41 Jaúl: *Alnus acuminata* spp. *arguta* (Schlechtendal) Furlow, especie de árbol de uso múltiple en América Central / CATIE. -- Turrialba, C. R. : Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales, 1995.

37 p. ; 23 cm.-- (Serie técnica. Informe técnico: no 248)

ISBN 9977-57-199-6

1. *Alnus acuminata* - América Central I. CATIE.
Programa Manejo Integrado de Recursos Naturales II. Título
III. Serie

CONTENIDO

| | |
|------------------------------|----|
| PRESENTACION..... | v |
| AGRADECIMIENTO..... | vi |
| INTRODUCCION..... | 1 |
| 1- BOTANICA Y ECOLOGIA..... | 3 |
| 2- ESTABLECIMIENTO..... | 11 |
| 3- MANEJO SILVICULTURAL..... | 21 |
| BIBLIOGRAFIA..... | 33 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| 1. Crecimiento de <i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> a los 2,7 años de edad, según el espaciamiento inicial, finca Los Lotes, Tres Ríos, Costa Rica | 17 |
| 2. Ubicación y características dasométricas de <i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> en plantaciones puras en América | 23 |
| 3. Ubicación y crecimiento de <i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> en sistemas agroforestales en América Central y Ecuador. | 24 |
| 4. Incremento medio anual (IMA) en altura de los árboles dominantes de jaúl <i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> en Costa Rica | 24 |
| 5. Volumen total con corteza en m ³ /árbol para <i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> | 27 |
| 6. Volumen total sin corteza en m ³ /árbol para <i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> | 28 |
| 7. Programa preliminar de raleos por edad, según la calidad de sitio para <i>Alnus acuminata</i> ssp. <i>arguta</i> , con 1111 árboles/ha. | 29 |

LISTA DE FIGURAS

1. Configuración típica del árbol de *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (Schlechtendal) Furlow 4
2. Tamaño y abundancia de nódulos en el sistema radicular de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*). 5
3. Infructescencia femenina y fruto de *Alnus acuminata* ssp. *arguta*. 6
4. En jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) es común la presencia de brotes basales. 6
5. Distribución natural de *Alnus acuminata* ssp. *arguta* en México y América Central. 7
6. Jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) establecido sobre subsuelo expuesto por deslizamientos. División de Pérez Zeledón, Costa Rica 9
7. Planta de *Alnus acuminata* ssp. *arguta* producida en bolsa de polietileno, lista para la plantación 13
8. Planta de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) a raíz desnuda, lista para la plantación 15
9. Plantación de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) a 2,5x2,5 m , Bajos del Toro, Alajuela, Costa Rica 18
10. Desarrollo de la altura dominante para sitios muy buenos (IS = 25), buenos (IS = 20), regulares (IS = 15) y malos (IS = 10), de jaúl en Costa Rica 25
11. Asociación natural de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) con pastos en zonas altas de Costa Rica. 30
12. Ejemplo de acarreo manual de árboles de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) 31

PRESENTACION

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, en colaboración con las instituciones forestales de América Central, desarrolla desde 1980, investigación silvicultural con especies de crecimiento rápido y propósito múltiple, con el objetivo de conocer el comportamiento y posibilidades de las mismas en la Región, para incorporarlas en los sistemas de producción en las fincas de los pequeños y medianos agricultores. El Proyecto Diseminación del Cultivo de Árboles de Uso Múltiple (MADELEÑA-3) promueve la incorporación de estas especies, dentro de los sistemas de finca de los productores en la región centroamericana. El propósito del Proyecto es aumentar los ingresos y mejorar el bienestar de las familias rurales, así como contribuir en la disminución del deterioro ambiental en América Central y Panamá, mediante un incremento significativo del cultivo de árboles de propósito múltiple, para la utilización en la propia finca y para la venta de productos forestales en los mercados locales.

El incremento del cultivo de estas especies dependerá del conocimiento que se tenga, a todo nivel, de la importancia de las mismas, de las formas de cultivo, de los métodos de manejo silvicultural de las plantaciones y de las combinaciones agroforestales establecidas con ellas. Consciente de la necesidad de este conocimiento, el Proyecto MADELEÑA inició la preparación de "Guías Silviculturales" para el cultivo de las especies seleccionadas. Este documento presenta las experiencias y conocimientos que hasta la fecha se tienen en América Central, sobre el cultivo de *Alnus acuminata* ssp *arguta* (Schlechtendal) Furlow.

El CATIE cumple así con el compromiso institucional de poner al servicio de los países miembros, los conocimientos generados por la investigación, contribuyendo de esta manera, al desarrollo agropecuario acelerado y sostenido de la Región y al mejoramiento de las condiciones de vida de los habitantes de menores recursos. El Proyecto MADELEÑA-3 pone a disposición de los agricultores, técnicos en extensión, técnicos forestales, autoridades del sector y reforestadores, la presente guía para la producción y uso de *Alnus acuminata* ssp. *arguta* en América Central.

Philip G. Cannon
Líder Proyecto
MADELEÑA-3

AGRADECIMIENTO

En primera instancia, el Proyecto MADELEÑA-3 agradece a los ingenieros Olman Murillo, German Obando y Braulio Vilchez, de FUNDATEC y al Ing. Walter Picado, Consultor, por la recopilación y elaboración del borrador original. Al personal técnico del proyecto Madeleña-3 por sus observaciones y modificaciones, principalmente al Dr. Glenn Galloway y al Ing. Marcelino Montero.

La investigación silvicultural que permitió la redacción de la presente Guía, es el producto de la participación de diversas instituciones y personas en América Central. En este sentido se reconoce la participación del personal técnico del Departamento de Ingeniería Forestal del Instituto Tecnológico de Costa Rica y la Fundación para el Desarrollo de la Cordillera Volcánica Central (FUNDECOR). Se reconoce también la participación de la Dirección General Forestal (DGF) de Costa Rica, así como la labor de los técnicos y los agricultores, que con su trabajo y dedicación ofrecieron la información necesaria para elaborar esta Guía. Es importante reconocer que la información contenida en esta guía, en parte, es el compendio de la experiencia de todos los técnicos y personal de apoyo de los Proyectos LEÑA y MADELEÑA, durante 14 años de investigación en América central. A todos ellos el Proyecto deja constancia de su agradecimiento.

**Proyecto MADELEÑA
CATIE**

INTRODUCCION

El Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Turrialba, Costa Rica, junto con las instituciones nacionales encargadas de administrar los recursos forestales de los países de América Central*, desde 1980, ha desarrollado investigación sobre silvicultura, manejo y producción de especies de árboles de crecimiento rápido y uso múltiple (AUM).

Desde 1986, a través del Proyecto Cultivo de Árboles de Uso Múltiple, más conocido como MADELEÑA, se han incrementado las actividades de manejo de las especies de AUM, para entregar a los técnicos nacionales, servicios de extensión forestal y agrícola, estudiantes, docentes de universidades y escuelas técnicas, así como a los agricultores, guías técnicas para estimular el cultivo y manejo de estas especies.

El objetivo de estas guías es dar a conocer a los interesados en América Central en particular y al resto de la región tropical, en forma sencilla, clara y aplicable, a través de las instituciones nacionales y los servicios de extensión, la tecnología generada en torno al cultivo de cada una de las especies seleccionadas, para incorporar los árboles de uso múltiple a los sistemas de producción de las fincas de pequeños y medianos agricultores, así como de las comunidades rurales, de tal manera que contribuyan a elevar el nivel de vida de los pobladores y a detener el deterioro ambiental de la Región. Dichas guías permitirán, al extensionista, conducir el proceso de establecimiento de las especies en las fincas, al técnico forestal, identificar los sitios promisorios y los factores limitantes para el establecimiento de la especie y a los planificadores, orientar sus decisiones sobre planes y proyectos de desarrollo forestal, mediante la estimación de los rendimientos potenciales de las especies.

Este documento presenta los conocimientos que hasta la fecha se tienen en América Central, sobre el cultivo de la especie *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (Schlechtendal) Farlow.

Alnus acuminata es una especie de la familia BETULACEAE, que crece a pleno sol y es invasora de sitios expuestos. A menudo, se encuentra en las riberas de los ríos y tiene gran potencial como especie forestal para proyectos de producción de madera en las zonas altas húmedas de América

* Para los efectos de este informe, América Central corresponde a los territorios de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá, países miembros del CATIE en la región centroamericana.

Central, presentando un rápido crecimiento en sitios adecuados y es de uso múltiple.

No obstante, en el caso de Costa Rica, hasta la fecha sólo se han plantado 2894 ha, mayormente en la región de suelos volcánicos sobre 1500 msnm, área de la que parte importante no ha recibido un manejo adecuado, por lo que su potencial productivo se ve disminuido.

A pesar de su potencial para la reforestación, no se cuenta con información especializada, que reuna los conocimientos y experiencias logrados con esta especie, por parte de las diferentes instituciones, viveristas y los mismos agricultores.

Este documento resume la información actual sobre el cultivo de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*). Con él se pretende orientar a los técnicos y productores interesados, sobre cómo plantar y manejar sus plantaciones de jaúl; además, cómo usar los productos finales que se obtengan de ellas.

1- BOTANICA Y ECOLOGIA

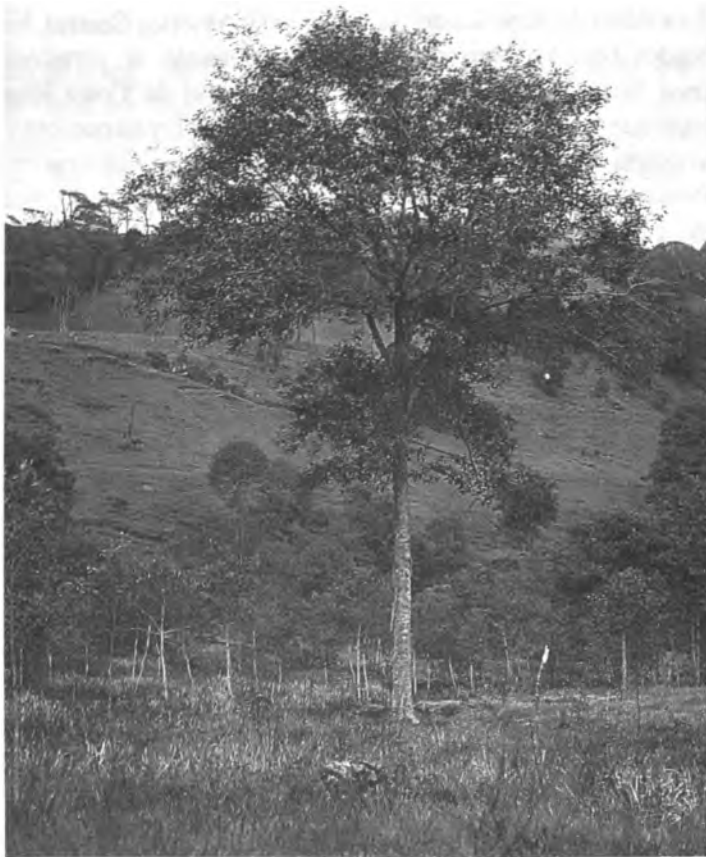
Los *Alnus* de América del Sur, México y América Central, han estado identificados bajo los nombres de *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, o *A. ferruginea* Winkler (1904). No obstante, el jaúl de Costa Rica es una subespecie que pertenece a la familia BETULACEAE y su nombre científico es *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (Schlechtendal) Furlow. En otras localidades del ámbito latinoamericano, al género *Alnus* se le denomina aile, alder o aliso (Furlow, 1979).

Algunos especialistas consideran el *Alnus* de América Central y el de América del Sur, como una sola especie (Holdridge, 1978). En la zona andina los técnicos forestales que han trabajado con *Alnus* spp. distinguen entre el “aliso rojo” y el “aliso blanco”. El “aliso rojo” crece en las estribaciones de los Andes, zonas típicamente muy húmedas. El “aliso blanco” en cambio, se encuentra en laderas de valles interandinos, donde las condiciones climáticas son más secas y hay problemas de heladas. El “aliso blanco” presenta alta capacidad de rebrote como algunas de las variedades o especies que se encuentran en Guatemala. En un esfuerzo por aclarar la taxonomía confusa de *Alnus* spp., la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos (FAUSAC) en Guatemala, está dirigiendo algunos trabajos de tesis para estudiar la distribución y características de poblaciones de este género en el Altiplano de ese país. En esta Guía, se discute en mayor detalle a *Alnus acuminata* ssp. *arguta*.

Descripción de la especie

Dependiendo de la calidad de sitio, esta especie alcanza alturas que van de 15 a 35 m, en su distribución natural, aunque en algunas poblaciones excepcionales se han medido individuos que superan los 42 m; su diámetro generalmente fluctúa entre 35 y 40 cm, pero en algunos individuos puede sobrepasar un metro (Alvarez, 1956; CATIE, 1986b; Martínez, 1987).

El tronco presenta una forma cilíndrica a ligeramente ovalada, con una ramificación alterna (Figura 1). Cuando crece en campo abierto, desarrolla ramas gruesas desde la base, mientras que en bosque denso alcanza una mayor altura y una mayor proporción del tronco libre de ramas y nudos por una poda natural. En bosques el fuste tiende a ser más cilíndrico. En los árboles grandes de sitios productivos, la altura comercial del fuste puede llegar a más de 20 m, con la base del fuste recta y en ocasiones ligeramente ensanchada y acanalada (Alvarez, 1956; CATIE, 1986b).



*Figura 1. Configuración típica del árbol de **Alnus acuminata ssp. arguta** (Schlechtendal) Furlow.*

La corteza del árbol es lisa y delgada, algunas veces ligeramente arrugada, con fisuras horizontales de color claro a gris oscuro. En plantaciones su copa es estrecha y piramidal, mientras que en bosquetes sucesionales toma formas irregulares (Alvarez, 1956).

Las hojas son simples, alternas, ovaladas, con borde aserrado, de punta aguda y raramente redondeado. Su tamaño varía desde 5,5 a 15 cm de largo y de 3,0 a 8,5 cm de ancho; la nervadura es de tipo reticulada y bien desarrollada. En Costa Rica, cuando la especie alcanza la madurez sexual (8 a 10 años), bota las hojas en forma total o parcial durante la época seca.

Su sistema radicular es poco profundo, amplio y extendido; participa en una relación simbiótica con un actinomicete llamado *Frankia* spp., que le proporciona la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico. El actinomicete se acumula en unos abultamientos (nódulos) en las raíces, de tamaño, aspecto y distribución variable, que pueden llegar a tener el tamaño de una naranja (Figura 2), aunque en plantas jóvenes estos nódulos son del tamaño de un frijol, arrugados y de color anaranjado. Su capacidad de fijar nitrógeno puede variar de 40 a 320 kg de nitrógeno por hectárea por año (Alvarez, 1956; Russo, 1990).

El jaúl es una planta que presenta flores masculinas y femeninas separadas en la misma rama, y lo que se conoce como fruto realmente es un grupo de frutos (infructescencia). El tamaño del fruto varía de 1 a 2 cm de largo y 1,2 cm de ancho, aproximadamente (Figura 3).

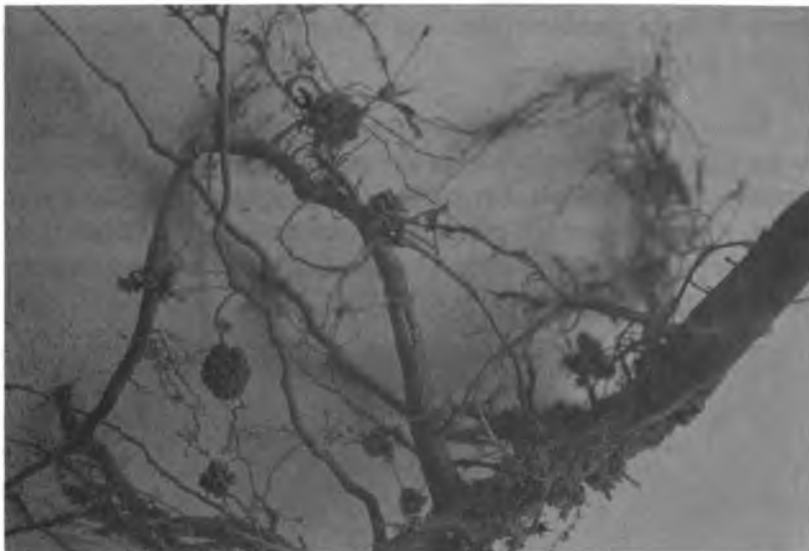


Figura 2. Tamaño y abundancia de nódulos en el sistema radicular de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*).

Semilla: Las semillas de jaúl se forman en infructescencias leñosas o conos denominadas estróbilos, que contienen alrededor de 100 semillas cada una (Murillo *et al.*, 1992).

La semilla es ovada y con alas, lo que le permite una mejor dispersión por el viento. Su tamaño es de 0,65 mm de ancho y 1,34 mm de largo.



Figura 3. Infructescencia femenina y fruto de *Alnus acuminata* ssp. *arguta*.

Otra característica de la especie es la presencia de brotes basales, en árboles suprimidos o en estado de alta competencia por luz y nutrientes (Figura 4). En Guatemala, hay poblaciones de *Alnus* spp. en las cuales los árboles vigorosos también presentan brotes basales. En Ecuador, donde también se presenta esta situación, se utilizan los brotes basales para propagar la especie vegetativamente.



Figura 4. En jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) es común la presencia de brotes basales.

Distribución natural

A. acuminata es nativa de América Central y América del Sur, se extiende desde el noroeste de México hasta el norte de Argentina (CATIE, 1986 b). Se encuentra a lo largo de ríos y pendientes húmedas, en elevaciones de 2000 a 3200 m. Normalmente crece asociado con especies de los géneros *Pinus*, *Quercus* y *Abies* (Furlow, 1979). Se puede encontrar desde los 1400 m hasta 3700 msnm. También se encuentran poblaciones de *Alnus* spp., ubicadas en laderas, donde se presentan condiciones más secas. La distribución natural en América Central y México se muestra en la Figura 5.

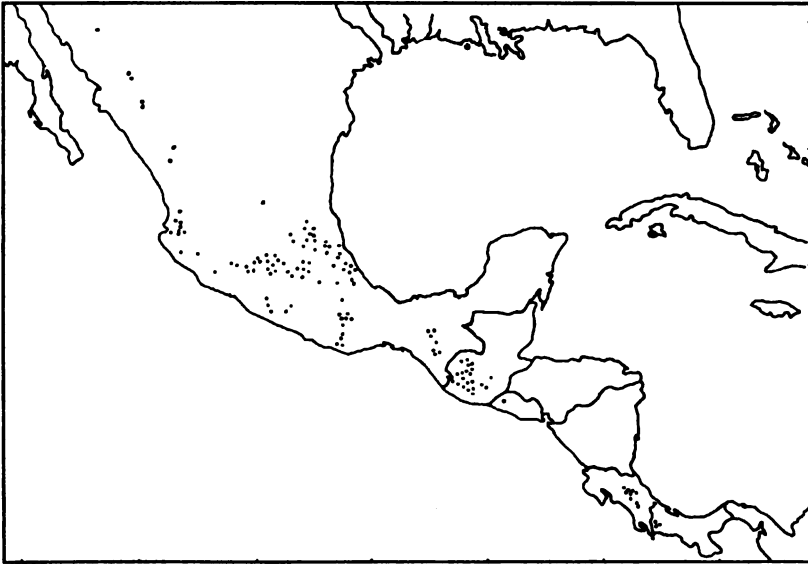


Figura 5. Distribución natural de *Alnus acuminata* ssp. *arguta* en México y América Central (Furlow, 1979).

Ambito de distribución

El jaúl crece en forma natural en varias condiciones ecológicas. En Costa Rica, por ejemplo, se desarrolla en las partes altas de la Cordillera Volcánica Central y en la Cordillera de Talamanca (Alvarez, 1956; Camacho y Murillo, 1986). En zonas más bajas, su presencia se restringe a las orillas de ríos y riachuelos.

Requerimientos ambientales

Precipitación: El desarrollo de *A. acuminata* ssp. *arguta* es favorecido por condiciones húmedas en el suelo. Se encuentran poblaciones naturales de jaúl en áreas con condiciones de precipitación desde 2000 hasta 5000 mm anuales. En los sitios de menor precipitación es común la presencia de niebla y vientos húmedos, lo cual propicia valores altos de humedad ambiental que favorecen al árbol.

Temperatura: El ámbito de temperatura media anual para la especie, presenta su límite inferior alrededor de 4°C y el superior de 18 a 20°C; resiste temperaturas bajas, pues en las partes más elevadas, a veces se producen escarchas en las horas antes del amanecer (Canet, 1985; Martínez, 1987; CATIE, 1986 a, 1986 b). Así por ejemplo, en Guatemala, hay poblaciones de *Alnus* spp. que soportan temperaturas hasta de 10°C bajo cero*.

Altitud: El ámbito altitudinal para jaúl, en su estado natural, se ubica entre los 2000 y 3300 msnm y para fines de reforestación, se puede plantar desde los 1500 hasta poco más de 2800 msnm, con la condición de que no haya más de tres meses con precipitación menor de 100 mm/mes. No obstante, hay variedades de *Alnus* spp. en Guatemala que crecen bien aun con seis meses de estación seca.

De acuerdo con el diagrama de zonas de vida de Holdridge (Holdridge, 1978), la especie se ubica en las formaciones ecológicas de bosque húmedo Montano Bajo y bosque muy húmedo Montano Bajo.

Suelo: La especie crece en forma natural sobre suelos muy diversos: prefiere suelos profundos, bien drenados, limosos o limoarenosos de origen aluvial o volcánico, como los de la Cordillera Volcánica Central en Costa Rica, aunque puede crecer también en suelos pobres, superficiales y compactados, desde grava o arena hasta arcilla.

La capacidad que tiene esta especie de fijar nitrógeno atmosférico y de establecerse en sitios erosionados en condiciones de humedad y luz adecuadas, hacen del jaúl en la región alta de América Central, una especie adecuada para la regeneración de suelos degradados, siendo excelente para colonizar suelos minerales sueltos, como los que quedan luego de un derrumbe o la construcción de una carretera. Aunque no se piense en la

* Comunicación personal Ing. Rolando Zanotti, Coordinador Nacional de Madeña-3, Guatemala.

obtención de productos maderables, la recuperación de suelos en esas condiciones es favorable con jaúl, por su capacidad de fijar nitrógeno (Figura 6).

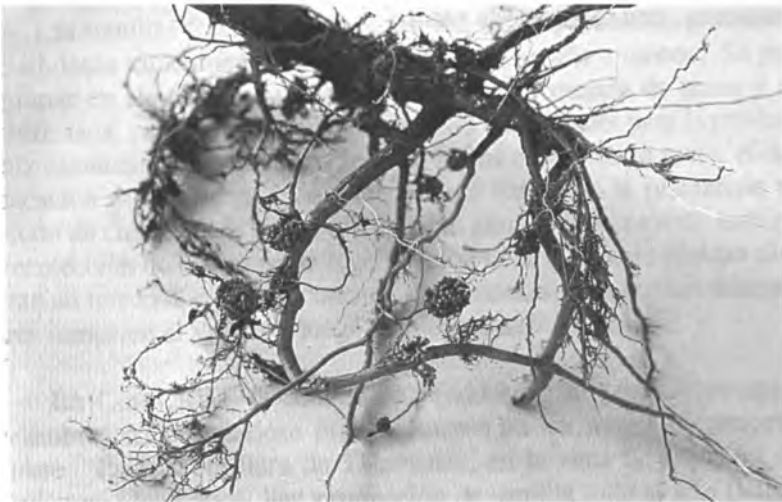


Figura 6. Jaúl (Alnus acuminata ssp. arguta) establecido sobre subsuelo expuesto por deslizamientos. División de Pérez Zeledón, Costa Rica.

Factores limitantes

El jaúl requiere buena iluminación para su crecimiento normal, aunque se desarrolla en áreas de nubosidad y con neblina frecuente. También es altamente susceptible al viento, el cual daña sus copas, lo que reduce su crecimiento y afecta la forma del tronco (Camacho y Murillo, 1986). El factor más importante para su establecimiento parece ser la humedad, tanto del suelo como del ambiente.

Fuentes de semilla

El primer paso en el mejoramiento genético de la especie, consiste en utilizar la fuente semillera más apropiada para cada ambiente. En Costa Rica se tienen dos fuentes de semilla claramente diferentes: 1) la región de la Cordillera Volcánica Central, cerros del sur de San José y Cartago, 2) la Cordillera de Talamanca.

El árbol semillero debe estar libre de plagas y enfermedades, el fuste debe ser recto, sin mostrar grano o hilo en espiral y sin acanaladuras en el tronco. Con respecto a las ramas, que no sean muy gruesas y que estén en ángulo recto con el tronco; además, los árboles deben ser de los dominantes, con buena poda natural.

2- ESTABLECIMIENTO

Producción en vivero

Las semillas frescas de jaúl tienen una alta capacidad de germinación, la cual decae rápidamente y llega a ser nula en un año o menos. Se pueden germinar en almácigos o germinadores con una mezcla de arena y tierra desinfectada, para luego trasplantar a bolsas o a bancales para la producción a raíz desnuda. Cuando se emplea esta forma es necesario evitar el daño y desecación de las raíces. La planta estará lista para la plantación en un período de cuatro a seis meses (30 a 40 cm altura). Otro método consiste en la recolección de brinzales de regeneración natural, que se plantan directamente en terrenos donde se controlan las malezas, o se cuidan durante dos o tres meses en el vivero y luego se plantan definitivamente.

En Costa Rica, la semilla se produce en el período de agosto a noviembre, concentrándose principalmente en los meses de setiembre y octubre. En la Cordillera de Talamanca, en la zona de División, Pérez Zeledón en Costa Rica, hay producción de semilla todo el año (Vílchez y Murillo, s.f.). Un kilogramo tiene aproximadamente 2,2 millones de semillas (Rojas *et al.*, 1991; Murillo *et al.*, 1992).

Para efectos de reproducción de plántulas, se recomienda recolectar la semilla sólo en los meses de agosto a octubre. El cambio de color de la punta del fruto, de verde a amarillento o café oscuro, indica el momento adecuado para la recolección. La base del fruto sigue verde. Una buena práctica es cortar unos frutos longitudinalmente y observar las semillas. Cuando los embriones estén blancos y las alas de las semillas tengan color café, los frutos están listos para recolectar (Galloway y Flores, 1986). Si se posterga la recolección de los frutos hasta que estén totalmente de color café oscuro, estos ya habrán perdido la mayoría de sus semillas. Una vez cosechados los conos, se transportan en sacos que permitan la respiración o preferiblemente en bolsas de papel, de donde se deben sacar lo antes posible, a media sombra (Rojas *et al.*, 1991).

La recolección debe hacerse de árboles de buena forma y desarrollo, mayores de 10 ó 13 años, debido a que los árboles más jóvenes producen semilla viable, pero de menor tamaño, peso y poder de germinación (Veléz, s.f.).

Para extraer las semillas se colocan los conos a pleno sol sobre una superficie limpia, plana y lisa hasta que el fruto empiece a abrirse. Cuando salga la semilla, ésta debe separarse mediante tamices. Algunos autores

recomiendan realizar la selección final por flotación, pero esta práctica no es necesaria si se recolectan los frutos oportunamente (Ruíz y Orozco, 1986).

Almacenamiento: La semilla se almacena en frascos de vidrio o en bolsas plásticas, herméticamente selladas y en cámaras de refrigeración, preferiblemente a temperaturas entre 3 y 5°C. Es mejor usarla lo más pronto posible.

La semilla almacenada por un año en refrigeradoras comunes, pierde aproximadamente un 2 % mensual del poder germinativo, en relación con el 50 % de germinación que se sugiere considerar para la semilla fresca. En ensayos de germinación en el Ecuador, se logró una germinación de hasta el 80 % (Galloway y Flores, 1986).

Sistemas de producción en vivero

Semilleros: Las semillas germinan mejor en sustratos sueltos, con buen drenaje. El sustrato debe tener una buena proporción de arena, lo que favorece el drenaje, y también materia orgánica bien descompuesta, que reduce las fluctuaciones rápidas en la humedad del mismo. Es conveniente desinfectar el sustrato antes de proceder con la siembra. En Colombia y Ecuador, el uso de formol para desinfectar los semilleros ha dado buenos resultados. Otra opción es el Terrazán* en dosis de 100 g/m², aplicado disuelto en agua.

La cantidad de semilla a usar depende de su pureza y del porcentaje de germinación. Así, hay viveros que solamente siembran 5 g de semilla/m² (Pretel *et al.*, 1985), mientras que otros utilizan entre 15 y 20 g de semilla/m². Por ser la semilla tan pequeña, se recomienda sembrarla sin cubierta, pero apisonándola ligeramente con una reglilla para asegurar un buen contacto con el sustrato. Por otro lado, hay quienes acostumbran tapar la semilla con una capa muy delgada de mezcla de tierra y arena (1:1), distribuida uniformemente con una zaranda fina (Pretel *et al.* 1985). Esta práctica asegura un buen contacto entre la semilla y el sustrato.

El riego fino, dos veces al día, es fundamental (incluyendo los fines de semana) para un vivero de jaúl. Eso se logra con una bomba de espalda; o bien, al acoplar una varilla de ésta a una manguera común que se conecta

* La mención de nombres comerciales no implica recomendación alguna por parte del CATIE.

al sistema de cañería corriente, eso produce un riego en forma de neblina (nebulizar) que es perfecto para no remover las semillas o dañar las plántulas. Hay que evitar que se sequen los semilleros cuando las semillas están recién germinadas, pues se puede perder toda la producción en pocas horas (Galloway y Flores, 1986).

La germinación inicia de cinco a 10 días después de la siembra y puede prolongarse hasta por 40 días. Las primeras hojas y el inicio de la nodulación en sus raíces secundarias, se presentan a partir de los 13 días (Canet y Campos, 1982; Rojas *et al.*, 1991).

La regulación de la sombra juega un papel importante en los semilleros de jaúl. Al principio es necesario proteger el semillero de la exposición directa al sol. Una vez germinadas las semillas, es conveniente retirar paulatinamente la sombra, para favorecer la lignificación de los tallitos de las plántulas y el desarrollo de raicillas (Figura 7). Las plántulas que se desarrollan con exceso de sombra tienen tallos verduzcos y débiles, un sistema radicular pobre y sufren más el trasplante a bancales o bolsas.



Figura 7. *Planta de Alnus acuminata ssp. arguta* producida en bolsa de polietileno, lista para la plantación.

Repique

El repique consiste en pasar las plántulas de los germinadores a las eras o bolsas. En caso de una producción a raíz desnuda, se preparan los bancales antes de realizar el repique. Dichos bancales deberán tener suelo suelto y ser arreglados en forma de eras o lomillos, con buen drenaje.

El crecimiento inicial de jaúil en semillero es muy lento. Se recomienda esperar hasta que las plántulas tengan de 3 a 5 cm de altura y de 4 a 6 hojas antes de efectuar el repique. Generalmente, el desarrollo en semillero es muy heterogéneo, por lo que es necesaria una selección rigurosa en la etapa del repique (Pretel *et al.*, 1985).

Antes del repique se humedece el germinador para que con una espátula se afloje el suelo y no se dañe el sistema radical de las plántulas pequeñas. Seguidamente se colocan las plántulas extraídas en un recipiente con agua lodosa para evitar la desecación.

El repique debe hacerse bajo sombra y el bancal o las bolsas deben estar previamente humedecidas y ahoyadas, con hoyos de 1,5 cm de ancho y 4 cm de hondo. El sistema radical debe quedar en el hoyo en posición vertical. Luego del repique se aplica riego fino y se debe poner sombra, en la cual puede emplearse materiales como zacate, ramas con hojas, etc., retirándolos paulatinamente dos semanas después del repique. El porcentaje de supervivencia del repique bien realizado es de 90 %.

Se puede reducir el riesgo de enfermedades después del repique, mediante de la aplicación de fungicidas (Difolatán + Terrazán, o cobres)*, utilizando la dosis que recomienda al producto y aplicándola cada quince días. Con buenas prácticas culturales (no regar en exceso, quitar la sombra, asegurar un buen drenaje y buena aireación) se puede prevenir el ataque de muchas enfermedades.

Crecimiento y endurecimiento de las plántulas

En el vivero debe aplicarse riego por lo menos dos veces al día, durante la primera semana después del repique (si no está lloviendo), luego se procura mantener el suelo húmedo en los bancales o bolsas, pero sin regar en

* La mención de nombres comerciales no implica recomendación alguna por parte del CATIE.

exceso. Si se observa formación de musgo sobre las bolsas o en el suelo del bancal, se está regando en exceso.

Asimismo, el control de malezas debe ser oportuno y constante, pues la especie es delicada e intolerante a la competencia (Rojas *et al.*, 1991).

Aproximadamente un mes después del repique el jaúl comienza a crecer con rapidez. Por lo que en unos cuatro a seis meses llega a un tamaño promedio de 30 a 40 cm de altura, con un grosor del cuello de 2 a 4 mm y está lista para llevarla al sitio de plantación (Figura 8). Sólo se llevan al campo las plántulas vigorosas y saludables. En el caso de plantas a raíz desnuda, deberán tener unos 70 cm de altura y un buen sistema radicular. Es importante señalar que para obtener plantas con sistemas radiculares adecuados, es necesario practicar un poda radicular periódicamente (cada cuatro a seis semanas).

Para su traslado al sitio definitivo de plantación, deben protegerse las plantas del viento y del sol para evitar la desecación. Este cuidado tiene una importancia particular en cuanto a las plantas a raíz desnuda. Las raíces de dichas plantas nunca deberán secarse entre la extracción del vivero y la plantación en el campo definitivo.



Figura 8. Planta de jaúl (Alnus acuminata ssp. arguta) a raíz desnuda, lista para la plantación.

Fertilización en el vivero

Aunque en muchos viveros se producen plantas de jaúl sin la aplicación de fertilizantes, algunos autores recomiendan aplicar una fórmula completa de N-P-K(0,5 g/planta) periódicamente. El método de aplicación puede ser granulado al voleo, o disuelto en agua; en este segundo caso es imprescindible regar inmediatamente después de aplicar el fertilizante, con la finalidad de evitar daños (quemar) al follaje con el abono. Si se utiliza un sustrato fértil en las bolsas o en los bancales, la fertilización no es necesaria.

Plantación

Selección del sitio: Cuando se elige un sitio para establecer una plantación, el productor debe tener claro el objetivo de su plantación. Si lo que desea es madera en troza para la industria, entonces hay que escoger un área productiva que no presente aspectos desfavorables para un buen crecimiento del jaúl; por ejemplo, no se elegirá un sitio que se aniega o encharca fácilmente, con pendiente promedio superior a 60%, ni tampoco un sitio con suelo muy superficial, que no permitirá que los árboles crezcan rápido, sanos y en forma vigorosa.

Preparación del sitio: En la preparación del sitio donde se establecerá la plantación, las labores comunes son: a) eliminación de malezas por medio de chapea o aplicación de herbicida químico, si hay árboles remanentes de escaso valor comercial, se talan para un mejor desarrollo de la plantación; b) marcación de las líneas de plantación, corrigiendo la distancia de plantación de acuerdo con la pendiente del terreno; c) apertura de hoyos, de 20 cm de ancho por 20 cm de profundidad en terrenos no compactados por el ganado, en suelos compactados hay que hacer hoyos mayores (al menos 30 x 30 cm) para que la planta desarrolle bien sus raíces.

Luego se procede a la plantación, cuidando de que la planta se coloque en el centro del hoyo y que se apriete bien el suelo alrededor del tallo o las raíces, para que no quede aire en el hoyo.

Técnicas y espaciamento de plantación : El arreglo de los árboles y el distanciamiento entre ellos, dependen de los fines de la plantación (madera rolliza, postería, leña, abono verde, protección). Así, para un sistema combinado de jaúl con pastos o con cultivos agrícolas, la densidad inicial de los árboles varía según el manejo que se pretende dar a la

plantación. Por ejemplo, en plantaciones asociadas con pastos, con el fin de mejorarlos y darle protección al ganado, el espaciamiento final recomendable es de unos 10 x 10 m, o sea 100 árboles por hectárea (Holdrige, 1978; Pretel *et al.*, 1985). En estos casos, habrá que proteger los árboles pequeños del ganado hasta que los mismos alcancen unos 4 a 5 m de altura.

En plantaciones establecidas con el fin de producir abono verde, la plantación se ejecuta en curvas a nivel. En Guatemala y en el Perú se combinan los árboles con obras sencillas de conservación de suelos, como zanjas de infiltración o barreras muertas de piedras. La distancia entre las hileras en curvas a nivel varía según la pendiente del terreno, siendo más reducida en pendientes más pronunciadas. Las distancias de 8 a 10 m son comunes. Periódicamente se practica la poda de los árboles y se esparce el follaje podado en los callejones. Donde haya disponibilidad (por ejemplo, en Guatemala), se debería usar en este sistema agroforestal, una variedad o especie de jaúl que rebrote con facilidad.

En el Cuadro 1 se presentan datos de crecimiento a los 2,7 años en un ensayo de espaciamiento. Sin embargo, los datos son preliminares para especular sobre el efecto eventual del espaciamiento inicial en el desarrollo de los árboles.

Cuadro 1. Crecimiento y supervivencia de *Alnus acuminata* ssp. *arguta* a los 2,7 años de edad, según el espaciamiento inicial, finca Los Lotes, Tres Ríos, Costa Rica.

| Variable | Espaciamiento (m) | | |
|---------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| | 2,0 x 2,0 | 2,5 x 2,5 | 3,0 x 3,0 |
| Arboles plantados/ha | 2500 | 1600 | 1111 |
| Arboles en pie/ha | 1688 | 1312 | 849 |
| dap promedio (cm) | 6,9 | 7,4 | 7,0 |
| IMA dap (cm) | 2,6 | 2,7 | 2,6 |
| Altura total promedio (m) | 7,8 | 8,1 | 7,9 |
| IMA Altura (cm) | 2,8 | 3,0 | 2,9 |

Fuente: Murillo, *et al.*, 1985.

Si se desea producir leña o postes, el espaciamiento de 2,0 x 2,0 m es más productivo que el de 3,0 x 3,0 m en turnos cortos (Figura 9), aunque existe la posibilidad de plantar más densamente y obtener estos productos de los raleos, y al final del turno, trozas para aserrío. Eso requiere de condiciones de mercado favorables para comercializar postes y leña; de lo contrario, la plantación de muchos árboles extra, obligará a ejecutar raleos no rentables reduciendo así las ganancias al final del turno. Es suficiente plantar a 3,0 x 3,0 m (1111 árboles/ha), para llegar a la cosecha final con 200 ó 250 árboles/ha, de buenas características para aserrío. Si hubieran condiciones de mercado favorables para la comercialización de productos de dimensiones menores (diámetro de 25 cm), la densidad final recomendable podría ser mayor.

Además, el jaúl es una especie recomendada para plantarla bajo el sistema taungya, que consiste en establecer plantaciones forestales intercaladas con la siembra de uno o más ciclos de cultivos agrícolas, así, el espaciamiento en este sistema de plantación depende del objetivo de producción (madera, postes, leña).



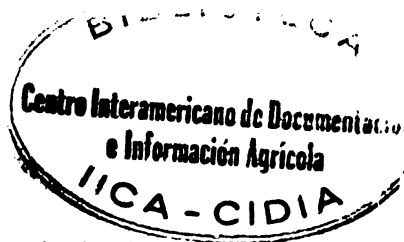
Figura 9. Plantación de jaúl (Alnus acuminata ssp. arguta) a 2,5 x 2,5 m, Bajos del Toro en Alajuela, Costa Rica.

Plantación con regeneración natural: Existen dos formas para establecer plantaciones con plántulas procedentes de regeneración natural:

1.) Las plántulas de regeneración natural se sacan a raíz desnuda; hay que plantar el mismo día que se extraen y tener el cuidado de minimizar el daño de las raíces al extraer la planta. Hay que proteger las raíces del sol y del viento durante el transporte y acarreo (nunca exponer las raíces). Una poda de las raíces más largas y de dos tercios de las ramillas y hojas ayuda mucho a que las plantas sobrevivan.

2.) La planta se extrae con bola o adobe de tierra, el cual se envuelve y protege para que no se desarme durante la manipulación y el transporte. Este sistema, aunque más costoso, brinda mayor supervivencia y crecimiento inicial de los árboles.

3- MANEJO SILVICULTURAL



Control de malezas

Es imprescindible eliminar la competencia de plantas herbáceas o arbustivas, especialmente durante los primeros dos o tres años. En plantaciones jóvenes estas limpiezas son necesarias, aun en aquellas establecidas con fines silvopastoriles; es decir, combinadas con pastos. En el primer año se requiere entre dos y tres limpiezas, para el segundo año, dos y en el siguiente, podría ser necesario solamente una. El número necesario de limpiezas depende de la zona donde se ubique la plantación y de la densidad inicial.

Las chapeas se hacen bien bajas, con machete y evitando dañar el tronco del árbol, para lo cual se dejan sin chapear los 10 a 15 cm cercanos a la base del árbol. Con las limpiezas, además de controlar la competencia, se reduce el riesgo de plagas, enfermedades e incendios.

Control de plagas y enfermedades

Como enfermedades, se reportan hongos que dañan la raíz y el tallo, tanto en la fase de vivero como en la de plantaciones. Por ejemplo, el hongo *Rosellinia bunodes*, provoca marchitez y muerte en los árboles adultos. También se reportan los hongos *Colletotrichum* sp. y *Phomopsis* sp., que causan lesiones en el follaje de los árboles (CATIE, 1991).

En cuanto a plagas, los insectos que han causado defoliación y descortezado, sin consecuencias graves, son *Feaula brunneipennis* de la familia Scarabaeidae y *Nodonota irazuensis*, de la familia Chrysomelidae. Ambas especies, en su fase larval viven en el suelo, alimentándose de raíces y cuando son adultos, emergen en los meses de inicio de las lluvias.

Sánchez (1985), menciona que el jaúl esporádicamente es atacado por el barrenador del tallo *Scolytodes alni* Wood, que ha causado daños considerables en plantaciones en Costa Rica. El insecto barrena la corteza y el tallo leñoso, construye galerías de 1 mm de ancho en el fuste, las cuales normalmente son infectadas por patógenos que pudren el tejido y posteriormente causan la muerte del árbol. El problema se ha controlado satisfactoriamente con la ejecución de raleos sanitarios de intensidades altas y también con la quema del material afectado (CATIE, 1991). Las plantaciones más afectadas son las que se encuentran en sitios pobres y con un mantenimiento inadecuado.

Otros cuidados

Durante los primeros años de la plantación, es indispensable el mantenimiento de cercas, sobre todo cuando en los alrededores hay ganado que pueda causar daños graves si entra en la plantación.

Crecimiento y producción

Las tasas de crecimiento anual en altura para jaúl son altas, en los primeros años y conforme la plantación se acerca al turno de cosecha, se reducen sustancialmente. En sistemas de asocio con pastos, con 35 árboles/ha a los 30 años de edad, se han reportado diámetros promedios de 50 cm y una altura total de 22,6 m (Canet, 1985). Los Cuadros 2 y 3 presentan datos de crecimiento del jaúl, para diferentes sitios donde se ha establecido la especie en plantaciones y sistemas agroforestales.

En el Cuadro 2, la columna del IMA en diámetro muestra que el crecimiento tiende a disminuir, conforme aumenta la edad en plantaciones sin raleos. Eso es un reflejo claro de la competencia entre árboles por falta de raleos adecuados y oportunos. Con un programa adecuado de aclareos, es de esperar que el crecimiento en diámetro se mantenga por arriba de 2,0 cm por año, durante los primeros 10 años.

Se enfatiza que, si no se tienen las condiciones adecuadas de mercado para productos intermedios de aclareo, es preferible plantar más espaciado, para prolongar el momento hasta cuando inicia la competencia entre árboles y propiciar la obtención de productos comercializables.

El Cuadro 4 presenta valores del incremento medio anual en altura dominante de jaúl, plantado a 3,0 x3,0 m (1111 árboles/ha), con índices de sitio de bajo, medio y alto.

Calidad de sitio

En Costa Rica, se estudiaron para jaúl varios sitios con diferentes calidades (Camacho y Hughell, 1989). Las mejores correspondieron a las áreas con suelos profundos, de origen volcánico (Bajos del Toro en Grecia, Dulce Nombre de Tres Ríos y Rancho Redondo en Guadalupe). En la Figura 10 se presenta el desarrollo de la altura dominante, según las calidades de sitio.

Cuadro 2. Ubicación y crecimiento de *Alnus acuminata* ssp. *arguta* en plantaciones puras en América.

| Sitio | Altitud (msnm) | Zona de vida* | PMA (mm) | TMA (°C) | Edad (años) | Densidad inicial (arb/ha) | Supervivencia (%) | Diámetro promedio (cm) | IMA diámetro (cm/año) | Altura promedio (m) | IMA altura (m/año) | G (m ² /ha) | Volumen (m ³ /ha) | IMA volumen (m ³ /ha/año) |
|-------|----------------|---------------|----------|----------|-------------|---------------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|--------------------|------------------------|------------------------------|--------------------------------------|
| SA | 1776 | brnhST | - | 16,4 | 1,5 | 2500 | 100 | 3,7 | 2,3 | 2,5 | 1,7 | 2,69 | 7,31 | 4,9 |
| SA | 1776 | brnhST | - | 16,4 | 1,5 | 2500 | 97 | 4,3 | 2,8 | 2,3 | 1,5 | 3,52 | 8,97 | 6,0 |
| MG | 2480 | bpMBT | 2037 | 19,3 | 2,6 | 2500 | 92 | 4,6 | 1,8 | 4,3 | 1,6 | 3,82 | 15,68 | 6,0 |
| LL | 1700 | brnhMBT | 2392 | 18,0 | 2,8 | 1600 | 89 | 8,0 | 2,8 | 9,5 | 3,4 | 7,16 | 53,37 | 19,1 |
| CO | 1750 | brnhPT | 2081 | 18,0 | 3,5 | 2500 | 89 | 7,5 | 2,7 | 10,8 | 3,1 | 9,83 | 80,89 | 23,1 |
| LT | 1110 | hhT | 2290 | 20,6 | 3,6 | 2500 | 80 | 6,8 | 1,9 | 4,4 | 1,2 | 7,26 | 30,16 | 8,4 |
| VB | 1900 | bpMBT | 3315 | 15,0 | 5,0 | 2500 | 99 | 6,0 | 1,2 | 6,8 | 1,4 | 7,99 | 40,58 | 8,1 |
| SV | 2545 | - | 1000 | - | 5,0 | - | - | 6,3 | 1,3 | 4,5 | 0,9 | - | - | - |
| EG | 2380 | brnhMBT | 2993 | 12,5 | 6,0 | 2500 | 77 | 11,6 | 1,9 | 11,3 | 1,9 | 22,07 | 185,73 | 31,0 |
| SV | 2545 | - | 1000 | - | 6,0 | - | - | 11,4 | 1,9 | 7,3 | 1,2 | - | - | - |
| LC | 2380 | brnhMBT | 2993 | 12,5 | 6,8 | - | - | 12,0 | 1,8 | 11,1 | 1,6 | 23,97 | - | - |
| VB | 1900 | bpMBT | 3315 | 15,0 | 8,0 | 1322 | 95 | 12,3 | 1,5 | 14,9 | 1,9 | 16,70 | 164,18 | 20,5 |
| SJ | 1420 | brnhPT | 3759 | 22,5 | 8,2 | 2500 | 73 | 11,9 | 1,5 | 11,1 | 1,3 | 22,77 | 169,53 | 20,7 |
| SM | 2100 | brnhMBT | 2065 | 15,0 | 8,3 | 2500 | 57 | 11,6 | 1,4 | 12,3 | 1,5 | 15,83 | 136,08 | 16,4 |
| QD | 2100 | brnhMBT | 2065 | 15,0 | 9,0 | - | - | 11,8 | 1,3 | 10,1 | 1,1 | 16,60 | - | - |
| PP | 2620 | brnhMBT | 2009 | 19,5 | 9,0 | - | - | 16,7 | 1,9 | 15,4 | 1,7 | 34,26 | - | - |
| SJ | 1450 | hhPT | 3346 | 22,5 | 9,0 | - | - | 16,1 | 1,8 | 16,2 | 1,8 | 28,17 | - | - |
| PP | 2620 | brnhMBT | 2009 | 19,5 | 12,4 | 2500 | 65 | 13,0 | 1,1 | 18,5 | 1,5 | 25,74 | 265,72 | 21,4 |
| PP | 2620 | brnhMBT | 2009 | 19,5 | 13,0 | 2500 | 91 | 15,5 | 1,2 | 22,7 | 1,7 | - | - | - |
| CA | 3200 | - | 495 | - | 20,0 | - | - | 20,2 | 1,0 | 15,6 | 0,8 | - | - | - |

IMA: Incremento medio anual
PMA: Precipitación media anual
TMA: Temperatura media anual
G: Área basal

CA: Cañar, Azuay, Ecuador
EG: El Guano, Costa Rica
LT: La Trinidad, Dota, Costa Rica
PP: Parque Prusia, Costa Rica
SA: San Andrés Itzapa, Guatemala
SM: Santa María de Dota, Costa Rica

VB: Vara Blanca, Costa Rica
CO: Colorado, Costa Rica
LC: La Chonta de Dota, Costa Rica
MG: Macho Gaff, Costa Rica
QD: Quebradilla de Dota, Costa Rica
SJ: San Jerónimo, Moravia, Costa Rica
SV: Sequera, Loja, Ecuador

* Zonas de vida del sistema Holdridge

Cuadro 3. Ubicación y crecimiento de *Alnus acuminata* ssp. *arguta* en sistemas agroforestales en América Central y Ecuador.

| Sitio | Altitud (msnm) | Zona de vida* | PMA (mm) | TMA (° C) | Edad (años) | Diámetro medio (cm) | IMA diámetro (cm/año) | Altura media (m) | IMA altura (m/año) |
|-------|----------------|---------------|----------|-----------|-------------|---------------------|-----------------------|------------------|--------------------|
| SO | 2400 | --- | 1300 | --- | 5,0 | 6,5 | 1,3 | 5,5 | 1,1 |
| SR✓ | 1450✓ | bmhPT | 2081 | 18,0 | 6,0✓ | 17,0✓ | 2,8 | 10,0 | 1,7 |
| GU | 2450 | --- | 2000 | --- | 10,0 | 10,1 | 1,0 | 12,2 | 1,2 |
| HO | 2150 | --- | 1300 | --- | 18,0 | 27,5 | 1,5 | 17,6 | 1,0 |
| PA | 2735 | bmhSTMB | 2065 | 13,1 | 19,9 | 26,4 | 1,3 | 26,6 | 1,3 |
| LN✓ | 1700 | bmhPT | 2081 | 18,0 | 26,0✓ | 44,8✓ | 1,7 | 22,0 | 0,84 |
| TR | 1520 | bmhTMB | 3060 | 18,0 | 30,0 | 50,0 | 1,7 | 22,6 | 0,7 |

LN: Las Nubes, Costa Rica

SR: San Rafael de Coronado, Costa Rica

HO: Hofhouse, Ecuador

TR: Tres Ríos, Costa Rica

SO: Solamaco, Ecuador

GU: Guango, Ecuador

PA: Palestina, Guatemala

PMA: Precipitación media anual

TMA: Temperatura media anual

IMA: Incremento medio anual

* Zonas de vida del sistema Holdridge

Cuadro 4. Incremento medio anual (IMA) en altura de los árboles dominantes de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) en Costa Rica.

| Indice de sitio | Edad (años) | Incremento (altura m/año) |
|----------------------------|-------------|---------------------------|
| IS* 15 crecimiento bajo | 2-4 | 3,2 - 2,3 |
| | 5-10 | 2,0 - 1,2 |
| | 11-20 | 1,1 - 0,6 |
| IS 20 crecimiento medio | 2-4 | 4,2 - 3,1 |
| | 5-10 | 2,7 - 1,6 |
| | 11-20 | 1,5 - 0,9 |
| IS 25 crecimiento alto | 2-4 | 5,3 - 3,9 |
| | 5-10 | 3,4 - 2,0 |
| | 11-20 | 1,8 - 1,1 |

*IS: Indice de sitio para una edad base de 15 años (Camacho y Murillo, 1986)

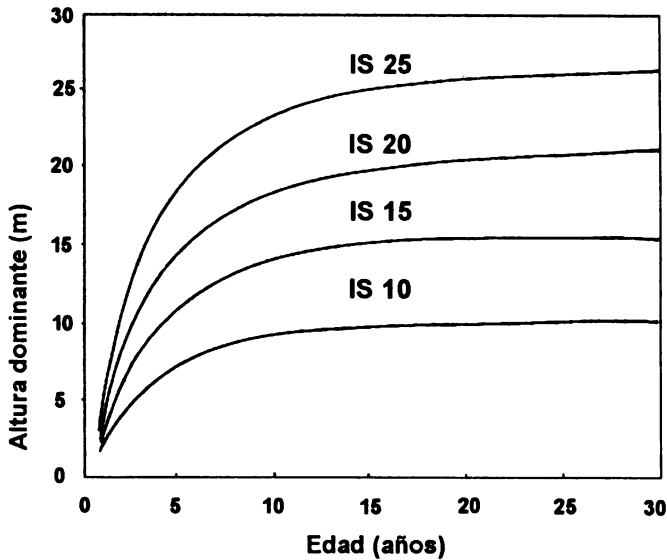


Figura 10. Desarrollo de la altura dominante para sitios muy buenos (IS=25), buenos (IS=20), regulares (IS=15) y malos (IS=10), de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) en Costa Rica.

Producción

Alnus acuminata es una especie de rápido crecimiento; en plantaciones puede alcanzar 25 m de altura en 10 años. En Costa Rica, se han medido árboles de 11 años de edad con un promedio de 38 cm de diámetro y 16 m de altura. En rotaciones de alrededor de 20 años, la producción o rendimiento anual de madera para leña y uso industrial en sitios adecuados es de 10 a 15 m³ por hectárea (NAS, 1984).

Los Cuadros 5 y 6 presentan las tablas de volumen total con corteza y volumen total sin corteza (Camacho y Hughell, 1989).

Labores silvícolas

Fertilización pos-plantación: Debido a que el jaúl tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico, no es necesaria la fertilización pos-plantación en los sitios fértiles (Jiménez *et al.*, 1985. Rojas, 1981). Sin embargo, la aplicación de una fórmula comercial alta en fósforo al completar el primer año de crecimiento, puede estimular el desarrollo de los árboles y lograr así un control de malezas a más corta edad, debido al cierre de las copas. Se puede aplicar alrededor de 100 g por planta, de una

fórmula comercial como de N-P-K en forma de semicírculo, o espequeado en dos o tres puntos por la parte alta de la pendiente y a 25 cm del árbol. Algunos productores acostumbran abonar sus pastizales con estiércol de ganado diluido en agua, con lo cual indirectamente fertilizan los árboles establecidos en sistemas silvopastoriles (Alvarez, 1956; González, 1979 citado por Montoya *et al.*, 1991).

Raleos: Cuando el fin último de la plantación es producir grandes volúmenes de madera de pequeñas dimensiones para leña, pulpa para papel y postería, no es necesario hacer aclareos. Pero cuando se espera producir trozas de mayores dimensiones para aserrío, los raleos son imprescindibles.

El raleo o aclareo consiste en la extracción de una proporción de árboles de la plantación, con la finalidad de estimular el crecimiento de los árboles remanentes, y lograr una producción de madera de mayores diámetros y mejor forma.

Hay indicadores prácticos que orientan al productor y al técnico sobre el momento oportuno de aplicar un aclareo; por ejemplo, cuando por competencia entre las copas de los árboles, se comienzan a secar las ramas bajas, es necesario revisar la plantación para determinar si amerita un aclareo. Si además de lo anterior, la altura promedio de la plantación es de alrededor de 8 a 10 metros, con una densidad inicial de 1111 árboles/ha, podría ser el momento oportuno de realizar el primer aclareo.

Como los árboles crecen más rápido en los sitios de mejor calidad, la edad a la que se practican los aclareos varía según el sitio. En el Cuadro 7 se presenta un programa preliminar de raleos, según la calidad del sitio.

En el primer raleo se puede extraer aproximadamente un 50% de los árboles. Los raleos posteriores se deben ejecutar cuando se inicie de nuevo el cierre de las copas. La densidad final dependerá de la calidad de sitio y del tamaño deseado de los árboles. Como ejemplo, al final del turno, el número de árboles con diámetros entre 35 y 40 cm puede ser de 150 a 250.

Podas: El jaúl en rodales, con densidades iniciales altas, presenta poda natural o autopoda; sin embargo, cuando se establece con distanciamientos mayores a 2,0 x 2,0 m, es conveniente podar las ramas inferiores persistentes. La poda tiene como finalidad mejorar la calidad de la madera.

Cuadro 5. Volumen total con corteza en m³/árbol para *Alnus acuminata* ssp. *arguta*.

| DAP (cm) | Altura (m) | | | | | | | | | | |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 |
| 5 | 0,009 | 0,012 | 0,014 | | | | | | | | |
| 6 | 0,013 | 0,017 | 0,020 | | | | | | | | |
| 7 | 0,018 | 0,023 | 0,028 | | | | | | | | |
| 8 | 0,023 | 0,030 | 0,036 | 0,042 | | | | | | | |
| 9 | 0,029 | 0,038 | 0,045 | 0,053 | | | | | | | |
| 10 | | 0,046 | 0,056 | 0,065 | 0,074 | | | | | | |
| 11 | | 0,056 | 0,068 | 0,079 | 0,090 | | | | | | |
| 12 | | 0,066 | 0,080 | 0,094 | 0,107 | 0,119 | | | | | |
| 13 | | 0,078 | 0,094 | 0,110 | 0,125 | 0,139 | | | | | |
| 14 | | | 0,109 | 0,127 | 0,145 | 0,161 | 0,178 | | | | |
| 15 | | | 0,125 | 0,146 | 0,166 | 0,185 | 0,204 | 0,222 | | | |
| 16 | | | 0,143 | 0,166 | 0,189 | 0,210 | 0,232 | 0,252 | | | |
| 17 | | | 0,161 | 0,187 | 0,213 | 0,237 | 0,261 | 0,284 | 0,307 | | |
| 18 | | | 0,180 | 0,210 | 0,238 | 0,266 | 0,293 | 0,319 | 0,344 | 0,369 | |
| 19 | | | | 0,234 | 0,266 | 0,296 | 0,326 | 0,355 | 0,383 | 0,410 | |
| 20 | | | | 0,259 | 0,294 | 0,328 | 0,361 | 0,393 | 0,424 | 0,454 | 0,484 |
| 21 | | | | 0,285 | 0,324 | 0,361 | 0,398 | 0,433 | 0,467 | 0,501 | 0,534 |
| 22 | | | | 0,313 | 0,355 | 0,396 | 0,436 | 0,475 | 0,512 | 0,549 | 0,585 |
| 23 | | | | | 0,388 | 0,433 | 0,476 | 0,518 | 0,560 | 0,600 | 0,639 |
| 24 | | | | | 0,422 | 0,471 | 0,518 | 0,564 | 0,609 | 0,653 | 0,696 |
| 25 | | | | | 0,458 | 0,511 | 0,562 | 0,612 | 0,660 | 0,708 | 0,754 |
| 26 | | | | | | 0,552 | 0,608 | 0,661 | 0,714 | 0,765 | 0,816 |
| 27 | | | | | | 0,595 | 0,655 | 0,713 | 0,770 | 0,825 | 0,879 |
| 28 | | | | | | | 0,704 | 0,766 | 0,827 | 0,887 | 0,945 |
| 29 | | | | | | | 0,755 | 0,822 | 0,887 | 0,951 | 1,013 |
| 30 | | | | | | | | 0,879 | 0,949 | 1,017 | 1,084 |

$$\ln(\text{VTCC}) = -9,133623 + 1,986881(\ln D) + 0,763099(\ln H)$$

ln : logaritmo natural

D : Diámetro a la altura del pecho en centímetros

H : Altura total en metros

VTCC : Volumen total con corteza en metros cúbicos por árbol

R² : 0,98

Fuente: Camacho y Hughell, 1989.

Cuadro 6. Volumen total sin corteza en m³/árbol para *Alnus acuminata* ssp. *arguta*.

| DAP (cm) | Altura (m) | | | | | | | | | | |
|-------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 15 | 17 | 19 | 21 | 23 | 25 |
| 5 | 0,007 | 0,009 | | | | | | | | | |
| 6 | 0,011 | 0,013 | 0,016 | | | | | | | | |
| 7 | 0,014 | 0,018 | 0,022 | | | | | | | | |
| 8 | 0,019 | 0,024 | 0,029 | 0,033 | | | | | | | |
| 9 | 0,024 | 0,030 | 0,036 | 0,042 | | | | | | | |
| 10 | | 0,037 | 0,045 | 0,052 | 0,059 | | | | | | |
| 11 | | 0,045 | 0,054 | 0,063 | 0,071 | | | | | | |
| 12 | | 0,053 | 0,064 | 0,075 | 0,084 | 0,094 | | | | | |
| 13 | | 0,063 | 0,075 | 0,087 | 0,099 | 0,110 | | | | | |
| 14 | | | 0,087 | 0,101 | 0,115 | 0,127 | 0,140 | | | | |
| 15 | | | 0,100 | 0,116 | 0,131 | 0,146 | 0,160 | 0,174 | | | |
| 16 | | | 0,114 | 0,132 | 0,149 | 0,166 | 0,182 | 0,198 | | | |
| 17 | | | 0,128 | 0,149 | 0,168 | 0,187 | 0,205 | 0,223 | 0,240 | | |
| 18 | | | 0,144 | 0,167 | 0,189 | 0,210 | 0,230 | 0,250 | 0,269 | 0,288 | |
| 19 | | | | 0,186 | 0,210 | 0,233 | 0,256 | 0,278 | 0,299 | 0,320 | |
| 20 | | | | 0,205 | 0,232 | 0,258 | 0,284 | 0,308 | 0,332 | 0,355 | 0,377 |
| 21 | | | | 0,226 | 0,356 | 0,285 | 0,312 | 0,339 | 0,365 | 0,391 | 0,416 |
| 22 | | | | 0,248 | 0,281 | 0,312 | 0,343 | 0,372 | 0,401 | 0,428 | 0,456 |
| 23 | | | | | 0,307 | 0,341 | 0,374 | 0,406 | 0,437 | 0,468 | 0,498 |
| 24 | | | | | 0,334 | 0,371 | 0,407 | 0,442 | 0,476 | 0,509 | 0,542 |
| 25 | | | | | 0,362 | 0,402 | 0,441 | 0,479 | 0,516 | 0,552 | 0,587 |
| 26 | | | | | | 0,435 | 0,477 | 0,518 | 0,558 | 0,597 | 0,635 |
| 27 | | | | | | 0,469 | 0,514 | 0,558 | 0,601 | 0,643 | 0,684 |
| 28 | | | | | | | 0,553 | 0,600 | 0,646 | 0,691 | 0,735 |
| 29 | | | | | | | 0,593 | 0,643 | 0,693 | 0,741 | 1,788 |
| 30 | | | | | | | | 0,688 | 0,741 | 1,793 | 1,843 |

$$\ln(\text{VTSC}) = -9,300294 + 1,983741(\ln D) + 0,740202(\ln H)$$

ln : logaritmo natural

D : Diámetro a la altura del pecho en centímetros

H : Altura total en metros

VTSC : Volumen total sin corteza en metros cúbicos por árbol

R² : 0,99

Fuente: Camacho y Hughell, 1989.

Cuadro 7. Programa preliminar de raleos por edad, según la calidad de sitio para *Alnus acuminata* ssp. *arguta*, con 1111 árboles/ha.

| Calidad del sitio | Años de raleo | | | Turno (años) |
|------------------------------|---------------|----|----|--------------|
| Crecimiento bajo IS = 15 | 5 | 11 | 15 | 25 |
| Crecimiento medio IS = 20 | 4 | 9 | 13 | 20 |
| Crecimiento alto IS = 25 | 3 | 7 | 11 | 17 |

La poda debe realizarse antes de que los árboles alcancen un diámetro mayor de 10 a 12 cm. Generalmente, un buen momento para efectuar la primera poda es después del primer raleo. Esta se realiza en los árboles de buena forma y altura; es decir, con excelentes características para aserrío. La altura final de la poda depende del número de trozas que se desea producir libre de nudos; hasta 3,5 m para una troza y hasta unos 6,5 a 7 m para dos trozas.

Cuando el jaúl se asocia con pastos se recomienda podar hasta el 40 % de la altura total de los árboles, cuando estos alcanzan unos 10 a 12 cm de diámetro, para mejorar la calidad de la madera, permitir buena circulación del viento, mayor entrada de luz y evitar daños del ganado por ramoneo.

La herramienta adecuada para podar es el “rabo de zorro” o sierra de podar utilizada en café; con machete puede realizarse sólo en caso de operarios bien adiestrados. El corte de las ramas debe hacerse cerca del tronco, pero sin dañarlo.

Sistemas asociados

La plantación de jaúl asociado con maíz y frijol, contribuye a reducir el costo de establecimiento de la plantación hasta en un 60 %, lo cual puede representar una opción rentable para el productor (Barrera, 1986).

La asociación de jaúl con pastos se practica desde hace más de 90 años. Es común en fincas lecheras de altura en Costa Rica, donde los propietarios de las lecherías han encontrado que el pasto crece mejor bajo árboles de jaúl (Figura 11).



Figura 11. Asociación natural de jaúl (*Alnus acuminata* ssp. *arguta*) con pastos en zonas altas de Costa Rica.

Usualmente los pastos con los cuales se asocia este árbol son: *Pennisetum clandestinum* (kikuyo), *Pennisetum purpureum* (gigante), *Axonopus scoparius* (imperial) y en menor grado con *Cynodon plectostachyus* (estrella africana) (Combe, 1979; Canet, 1985).

Esta práctica silvopastoril parece aumentar en un 5 % los contenidos proteínicos del pasto kikuyo asociado y proporciona condiciones de crecimiento favorables al pasto durante la estación seca, lo que provoca un aumento en la producción en el peso del animal, hasta en un 33 % sobre la obtenida en pastizales sin jaúl (Venegas 1971).

Individualmente, el árbol crece mejor en asocio con pastos, que en plantación en bloque o pura. Rodales de 30 años de edad con 30 árboles/ha, han mostrado una productividad de 70 m³/ha de madera comercial, 18,3 tm/ha de leña seca y 3,6 tm/ha de hojas y ramas finas, lo cual corresponde a una producción de biomasa seca total de 50 tm/ha (Canet, 1985).

En Costa Rica se ha combinado jaúl con café, a lo largo de callejones, con una distancia de 4 m entre árboles, sin perjuicio aparente para el café y con la ventaja de obtener un ingreso adicional de leña y madera (Canet, 1982; CATIE, 1986b) (Figura 12).

También se han observado en Costa Rica, combinaciones naturales de jaúl con mora silvestre (*Rubus* spp.), helechos de exportación y naranjilla (*Solanum quitoense*). Todos estos sistemas agroforestales tienen un alto potencial productivo y son compatibles con las actividades que se llevan a cabo en las fincas de los agricultores de zonas altas (Mata, 1992).



Figura 12. Ejemplo de acarreo manual de árboles de jaúl (Alnus acuminata ssp. arguta).

Características y usos de la madera

La madera de jaúl presenta normalmente un duramen de color amarillo o claro, sin mayor diferenciación con la albura. Es de opaca a medianamente lustrosa, sin olor ni sabor, de grano recto, textura fina y homogénea, moderadamente liviana ($0,38\text{g/cm}^3$) y permite obtener un buen acabado (Reyes *et al.*, 1992).

La madera debe secarse hasta una humedad de 12 a 15 %, para lo cual se coloca en forma vertical recostada a un caballete; o bien, en estibas horizontales, con separadores cada 50 cm en una misma dirección vertical, para que no se doblen las piezas. El secado de la madera reduce el riesgo de daños por insectos y hongos, y confiere mayor estabilidad a los productos finales.

Usos

Entre una amplia gama de usos generales, la madera de jaúl se utiliza en construcción interna, construcción rústica, formaleta para concreto, puertas, pisos y cerchas, aunque según González (1970) y Barreto *et al.*, (1992), el jaúl no se recomienda para estructuras y construcciones que requieran alta resistencia, dado que la madera es muy suave. Sin embargo, en el Ecuador se construyen casas de madera de jaúl, procurando que la madera no se humedezca o que tome contacto con el suelo. Tradicionalmente, se le ha empleado como leña y carbón. La leña tiene un poder calórico de 19 255 kilojulios/kg, mientras que el carbón tiene 29 218 kilojulios/kg (MAG, 1975).

Entre los usos se destacan también la cajonería, utensilios domésticos, palos de escoba, instrumentos musicales, palillos y cajas de fósforos, zapatos ortopédicos, artesanía, moldes para fundición de metales, molduras, ataúdes, lápices, mangos de herramientas y muebles (MAG, 1975; Poschen, 1980; Rojas *et al.*, 1991).

Otros usos: La corteza contiene taninos que pueden emplearse en curtición de cueros y las hojas tienen un amplio uso medicinal (Rojas *et al.*, 1991). La hojarasca producida por jaúl se descompone rápido y es excelente como abono orgánico. En Guatemala, por ejemplo, este uso es común en áreas de cultivos agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, C. I. 1967. Descripción anatómica, propiedades físicas y algunos usos de 25 maderas de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba C.R., IICA. p. 51-54.
- ALVAREZ, V. H. 1956. Estudio forestal del jaúl *Alnus jorullensis* (HBK) en Costa Rica. Tesis Mag. Agr. Turrialba C.R., IICA. 96 p.
- BARRERA, L. E. 1986. Comportamiento inicial de tres especies forestales bajo dos métodos de reforestación, en San Andrés Itzapa, Chimaltenango, Guatemala. Tesis Lic. Cien. Agr. San Carlos, Gua., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 92 p.
- BARRETO, G.; DAVID, J.; TRUJILLO, E. 1992. *Alnus jorullensis*. Colombia. Ministerio de Agricultura. Investigaciones Forestales no. 47. 55 p.
- CAMACHO, P. 1983. The effect of major environmental factors on growth rates of five important tree species in Costa Rica. Thesis Mag. Sc. Or., EE.UU., Oregon State University. p. 21-40.
- CAMACHO, M. P.; MURILLO, O. 1986. Algunos resultados preliminares de la epidometría del jaúl: *Alnus acuminata* (H.B.K) O Kuntze. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. 110 p.
- CAMACHO, M.P.; MURILLO, G. s.f. Producción de plantaciones jóvenes de jaúl: *Alnus acuminata* (H.B.K.), O Kuntze. Una opción para el suministro de leña. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. 15 p.
- CAMACHO, P.; CANESSA, E. 1981. Determinación de las características macroscópicas y microscópicas, los patrones de variación de fibras de especies tropicales y su efecto en la elaboración de la pulpa para papel. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Centro de Investigación en Ingeniería en Maderas. 152 p.

- CAMACHO, P.; HUGHELL, D. 1989. Mecanismos para predicción del rendimiento del jaúl *Alnus acuminata* en Costa Rica. In Manejo y aprovechamiento de plantaciones forestales de uso múltiple. (1989, Guatemala, Gua.). Actas Reunión IUFRO. Ed. por R. Salazar. Turrialba, C.R., CATIE. p. 407-419.
- CAMPOS, A. J. J. 1985. Experiencias con algunas especies para producción de leña en Costa Rica: *Alnus acuminata*. In Curso de Viveros para Producción de Leña, Amatitlán, Guatemala, 1983 y 1984. (1983-1984, Amatitlán, Gua.). Memoria. Comp. por H.A. Martínez. Guatemala, Gua., CATIE. p. 56-88.
- CAMPOS, N.; ORTIZ, E. 1989. Efecto del tamaño de semilla de ciprés (*Cupressus lusitanica*) y jaúl (*Alnus acuminata*) en su germinación y el crecimiento inicial de las plantas a nivel de vivero. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. 43 p.
- CANET, G. 1985. Características del sistema silvo-pastoril jaúl *Alnus acuminata* con lechería de altura en Costa Rica. In Simposio sobre Técnicas de Producción de leña en fincas pequeñas y recuperación de sitios degradados por medio de la silvicultura intensiva (1985, Turrialba, C.R.). Actas de los simposios. Ed. por R. Salazar. Turrialba, C.R., CATIE. p. 241 - 245.
- CANET, G.; CAMPOS, A. J. J. 1982. Informe técnico preliminar de las especies utilizadas por el proyecto leña en Costa Rica. San José, C.R., Dirección General Forestal. 35 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. PROYECTO LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA. PROYECTO CULTIVO DE ARBOLES DE USO MULTIPLE. 1986a. Crecimiento y rendimiento de especies para leña en áreas secas y húmedas de América Central, Turrialba, C.R., CATIE. v.1: 691 p.
- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. PROYECTO LEÑA Y FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA. PROYECTO CULTIVO DE ARBOLES DE USO MULTIPLE. 1986b. Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central: resultados de cinco años de investigación. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 86. 227 p.

- CENTRO AGRONOMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA. PROYECTO DISEMINACION DEL CULTIVO DE ARBOLES DE USO MULTIPLE. 1991. Plagas y Enfermedades Forestales en América Central: guía de campo. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 5. v.2 : 260 p.
- COMBE, J. 1979. *Alnus acuminata* con pastoreo y con pasto de corte: Las Nubes de Coronado, Costa Rica. In Taller sobre Sistemas Agroforestales en América Tropical. (1979, Turrialba, C.R.). Actas. Ed. por G. de las Salas. Turrialba, C.R., CATIE. p 205-207.
- COSTA RICA. MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1975. El jaúl *Alnus jorullensis*. El Agricultor Costarricense (C.R.) 33(9):330-332.
- DUNN, W. W.; MORGAN, P.; LINCH, A. M. 1990. Production of alder (*Alnus jorullensis*) to meet fuelwood demand in the Sierra of Ecuador. Agroforestry Systems (Holanda) 10 (3): 199-211.
- FAO (ITALIA). 1986. *Alnus acuminata*. In: Databook on endangered tree and shrub species and provenances. FAO Forestry Paper No. 77. p.48-53.
- FURLOW, J. J. 1979. The systematics of the american species of *Alnus Betulaceae*. Part I. Rhodora (EE.UU.) 81:1-121.
- GALLOWAY, G.; FLORES, A. 1986. Propagación de aliso: *Alnus jorullensis*. Ecuador. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Forestal Informativo No. 3. p. 2-5.
- GONZALEZ, M. R. 1970. Relación entre el peso específico y algunas propiedades mecánicas de *Alnus jorullensis* (H.B.K.) Tesis Mag. Sc. IICA. Turrialba, C.R. 107 p.
- GONZALEZ, R. 1979. El cultivo del jaúl. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección General Forestal. Informe Divulgativo No. 7. 7 p.
- GUTIERREZ, E. E.; MURILLO, O.; CAMACHO, P. 1987. Algunos aspectos epidométricos del jaúl *Alnus acuminata* (H.B.K.) O. Ktze en Costa Rica. Turrialba (C.R.) 37(1):105-111.

- HOLDRIDGE, L. R. 1978. *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. del inglés por Humberto Jiménez Saa. 1a. ed. IICA. Serie de libros y materiales educativos no. 34. 216 p.
- JIMENEZ, V. G.; ARCE, M. H.; STERRINGA, J. T. 1985. *Alnus acuminata* (Revisión de literatura) Costa Rica. Programa de Conservación de Recursos Naturales. AID. Documento de trabajo No. 23. 9 p.
- LEIVA, J. M. 1993. Evaluación de tres especies forestales en plantación pura y sistema taungya en la parte alta de la Cuenca del Río Achiguate, Guatemala: Resultados de 5 años de investigación. Guatemala, Gua., Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 61 p.
- MARTINEZ, H. A. 1987. Silvicultura de algunas especies de árboles de uso múltiple IV. Chasqui (C.R.) no. 15:16-24.
- MARTINEZ, H. A. 1989. El componente forestal en los sistemas de finca de pequeños agricultores. C. R. CATIE. Serie Técnica. Informe Técnico no. 19. 79 p.
- MARTINEZ, S. 1985. Efecto del sustrato sobre el porcentaje de germinación y la calidad de las plántulas de jaúl. *In* Taller Nacional sobre Semillas y Viveros Forestales (1., 1985, San José, C.R.). Memoria. Ed. por F. Rojas R. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica. p. 178-181.
- MATA, F. 1992. Datos preliminares sobre cosecha en el sistema agroforestal de jaúl *Alnus acuminata* spp *arguta* (Schlechtendal) Furlow. combinado con Mora (*Rubus* spp.) en la zona alta de Cartago. *In* Congreso Forestal Nacional (2., 1992, San José, C.R.). Memoria. San José, C.R., s.n. p. 211-212.
- MENDEZ, R. J. A. 1990. Determinación del Índice de Densidad del Rodal (IDR) para prescribir raleos en plantaciones de *Alnus acuminata* en Las Nubes de Coronado. Informe de Práctica de Especialidad. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Dpto. de Ingeniería Forestal. 105 p.

- MONTOYA, A.; MORALES, H. D.; ROJAS, C. M. 1991. Revisión bibliográfica sobre *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (Schlechtendal) Furlow; Curso de Manejo de Plantaciones Forestales. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. 31 p.
- MURILLO G., O.; CAMACHO M., P.; RODRIGUEZ, F.R. 1985. Análisis de plantaciones jóvenes de jaúl: *Alnus acuminata* (H.B.K.), una opción para el suministro de leña. In Simposio sobre Técnicas de Producción de Leña en Fincas Pequeñas y Recuperación de Sitios Degradados por Medio de la Silvicultura Intensiva (1985, Turrialba, C.R.) Actas. Ed. por R. Salazar. Turrialba, C.R., CATIE. 1986. p 301-314.
- MURILLO, O.; ROJAS, E.; VILCHEZ, B. 1992. Estimación de cosecha de semilla en un rodal semillero de jaúl *Alnus acuminata* ssp. *arguta* (Schlechtendal) Furlow, en Zarco Costa Rica. Cartago, C.R. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 16 p.
- NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES 1984. Especies para leña; árboles y arbustos para la producción de energía. Trad. del inglés por Vera Arguello de Fernández y TRADINSA. Turrialba, C.R. CATIE. 344 p.
- ORTIZ, M. E. 1989. Planificación y Ejecución de Raleos en Plantaciones Forestales. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Serie de apoyo académico No. 10. 33 p.
- POSCHEN, P. 1980. El jaúl, árbol prometedor para fincas en la zona lechera de Costa Rica. Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección General Forestal. Boletín Informativo No. 30. 14 p.
- PRETTEL C., J.; OCAÑA V., D.; JON J., R.; BARAHONA C., E. 1985. Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la Sierra Peruana. Lima, Perú, Proyecto FAO/Holanda/INFOR. p.11-18.
- RECORD, S.; HESS, R. 1943. Timbers of the New World. New Haven, EE.UU., Yale University Press. 640 p.
- REYES, G.; BROWN, S.; CHAPMAN, J.; LUGO, A. E. 1992. Wood Densities of Tropical Tree Species. New Orleans, EE.UU., Forest Service. Southern Forest Experiment Station. s.p.

- ROJAS, F. E. 1981. Especies forestales más utilizadas en los proyectos de reforestación en Costa Rica. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. s.p.
- ROJAS, F.; TORRES, G.; ARNAEZ, E.; MOREIRA, I. 1991. Jaúl. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería Forestal. Serie de Cuadernos Científicos y Tecnológicos. Subserie Especies Forestales Tropicales No. 1. 11 p.
- RUIZ, P. M. C.; OROZCO DE A. M. 1986. Efecto de la posición de los frutos en el estróbilo y tamaño de los mismos, sobre el porcentaje de germinación en *Alnus acuminata* (H.B.K.) (Betulaceae). *Caldasia* (Col.) 26: 68-70.
- RUSSO, R. O. 1990. Evaluating *Alnus acuminata* as a component in agroforestry systems. *Agroforestry Systems* (Holanda) 10(3) : 241-252.
- SANCHEZ, V. M. 1985. Raleos iniciales en una plantación de *Alnus acuminata* (H.B.K.) O. Ktze. En cascajal de Coronado, San José, Costa Rica. Informe Práctica de Especialidad. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. 112 p.
- VASQUEZ, V. J. 1989. Qué se sabe de las características ontogenéticas, morfológicas, fisiológicas y de manejo de la semilla de jaúl *Alnus acuminata*. Trabajo final Curso semillas Forestales. Cartago, C.R., Instituto Tecnológico de Costa Rica, Departamento de Ingeniería Forestal. 5 p.
- VELEZ, R.G. s.f. Manejo de semillas de *Alnus acuminata*. (3., 1971, Manizales, Col.). Seminario sobre *Alnus jorullensis* (H.B.K.) Manizales, Col., s.n. s.p.
- VENEGAS, L. 1971. Resumen sobre algunos aspectos silviculturales del *Alnus jorullensis* H.B.K. Foro de Corporaciones Forestales (3., 1971, Manizales, Col.). Seminario sobre *Alnus jorullensis* (H.B.K.) Manizales, Col., s.n. s.p.
- VILCHEZ, B. Y O. MURILLO. Análisis fenológico y de la biología reproductiva del jaúl en Costa Rica. s.n.t. s.p. (Sin publicar).

PERSONAL TECNICO DEL CATIE/PROYECTO MADELEÑA-3*

JEFATURA

Philip Cannon, Ph.D.
Hernán Rodríguez, Lic.
Douglas Asch, Sr.
Glenn Galloway, Ph.D.

Líder Regional
Oficial Administrativo
Asistente Administrativo
ATP, Proyecto1/
PROCAFOR
Asistente técnico

Fabián Salas. Lic.

SILVICULTURA

William Vásquez, M.Sc.
Marcelino Montero, Lic.
Luis Ugalde, Ph.D.

Silvicultor
Investigador Auxiliar
Manejo de Información

SOCIOECONOMIA

Manuel Gómez, M.Sc.

Economista

EXTENSION

Carlos Rivas, M.Sc.
José Miguel Méndez, M.Sc.
Ana Loaiza, Bch.
Elí Rodríguez, Bch.

Extensionista Principal
Extensionista Asistente
Diseñadora Gráfica
Editor

Personal técnico en los países de la Región

GUATEMALA

Rolando Zanotti, Ing.

Coordinador Nacional

HONDURAS

Mario Vallejo, Lic.

Coordinador Nacional

EL SALVADOR

Modesto Juárez, M.Sc.

Coordinador Nacional

NICARAGUA

Augusto Otárola, M.Sc.

Coordinador Nacional

COSTA RICA

Carlos Navarro, M.Sc.

Coordinador Nacional

PANAMA

Blás Morán, Ing.

Coordinador Nacional

* Madeleña-3 es un proyecto de investigación, capacitación y disseminación del cultivo de árboles de uso múltiple en América Central y Panamá. Es financiado por AID-ROCAP / FINNIDA -PROCAFOR-Proyecto 1 y ejecutado por INRENARE de Panamá, DGF de Costa Rica, COHDEFOR de Honduras, CENTA y CENREN de El Salvador, DIGEBOS de Guatemala y MARENA de Nicaragua, con la coordinación regional del CATIE.

Publicación patrocinada por el Proyecto Disseminación del Cultivo de Árboles de Uso Múltiple (MADELEÑA-3), financiado por AID/ROCAP Y FINNIDA/PROCAFOR.

| | |
|----------------------------------|---|
| Responsable: | Carlos Rivas A. |
| Edición: | Elí Rodríguez |
| Diseño y diagramación: | Ana Loaiza M. |
| Revisión de bibliografía: | Marcela Gil |
| Digitación: | Mavis Rojas y Lisbeth Alfaro |

**Impreso en Master Litho
Edición de 1000 ejemplares
Se terminó de imprimir en el mes de febrero de 1995.**