

La madera de coco

ESTUDIO FAO
MONTES

57

Elaboración y aprovechamiento



ORGANIZACION
DE LAS
NACIONES UNIDAS
PARA LA
AGRICULTURA
Y LA
ALIMENTACION

La madera de coco

Elaboración y aprovechamiento



Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

M-32
ISBN 92-5-302253-1

Reservados todos los derechos. No se podrá reproducir ninguna parte de esta publicación, ni almacenarla en un sistema de recuperación de datos o transmitirla en cualquier forma o por cualquier procedimiento (electrónico, mecánico, fotocopia, etc.), sin autorización previa del titular de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización, especificando la extensión de lo que se desea reproducir y el propósito que con ello se persigue, deberán enviarse al Director de Publicaciones, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.

Índice

Introducción	1	
Capítulo 1. El árbol del coco	3	
<hr/>		
Propiedades, disponibilidad y aprovechamiento		
La industria de la copra		
Efectos de la anatomía y la estructura del tronco en la utilización		
Aserrío		
Secado		
Duración natural y conservación de la madera		
Postes de tendido eléctrico		
Pasta y papel		
Leña		
Disponibilidad del recurso		
Evaluación del recurso mediante estimación - Pacífico Sur		
Evaluación del recurso mediante encuestas - Tonga		
Evaluación del recurso mediante inventario - Fiji		
Capítulo 2. Aprovechamiento de la madera de coco	11	
<hr/>		
Construcción		
Ebanistería		
Objetos utilitarios y decorativos		
Producción de tableros		
Producción de rollizas		
Combustible y energía		
Capítulo 3. Extracción	19	
<hr/>		
Selección y tala		
Remoción		
Transporte		
Troceado		
Eliminación de desechos		
Capítulo 4. Transformación primaria	23	
<hr/>		
Tipos de corta		
Sistemas de aserrío para la madera de coco		
Tipos de aserraderos utilizados para el aserrío de trozas de cocotero		
1. Aserradero portátil de tamaño medio		
2. Aserradero grande transportable		
3. Aserradero portátil ligero, de utilidad general		
4. Miniaserradero		
5. Banco auxiliar con carro ligero		
Aserrío con sierra de cadena y guías incorporadas		
Hojas de sierra para la transformación de los troncos		
Carburo de tungsteno		
Estelita (aleación de tungsteno y cobalto)		
Método de aplicación de la estelita		
Tungtech		
Carbitrono		
Acero de alta velocidad		
Eliminación de desechos		
Capítulo 5. Clasificación de la madera de coco	31	
<hr/>		
Control de calidad, principalmente para la exportación		
Sistema de identificación		
Clasificación		
Ejemplo de características de la madera		
Técnicas de clasificación		
Utilización		
Clasificación con arreglo a la densidad básica		
Apariencia		
Capítulo 6. Secado de la madera de coco	35	
<hr/>		
Secado al aire libre		
Secado de los postes		
Secado en horno		
Capítulo 7. Conservación de la madera de coco	37	
<hr/>		
Técnicas de conservación a base de aceites o de agua		
Preparación de la madera antes del tratamiento		
Métodos de tratamiento		
Capítulo 8. Obtención de energía de los residuos de la madera de coco	41	
<hr/>		
Utilización de la madera de coco como leña		
Fabricación de carbón		
Retortas		
Briquetas de carbón		
Carbón activado		
Gas de gasógeno y gasificadores		
De la energía térmica a la energía mecánica		
Obtención de etanol de los desechos del coco		
Sistemas de obtención de energía		
Establecimiento y funcionamiento de una central de energía		
Bibliografía		45

Introducción

La presente obra es una introducción a los métodos empleados actualmente para el aprovechamiento de los troncos del cocotero, en forma de productos madereros y leña.

Los troncos del cocotero pueden aprovecharse cuando el árbol deja de producir cocos, como resultado de la edad, la enfermedad o los daños causados por los huracanes.

Este libro tiene por finalidad informar a quienes estén interesados en el establecimiento de industrias de elaboración, y recoge las conclusiones más recientes de instituciones y particulares que se dedican a la investigación con miras al aprovechamiento más completo de los troncos superfluos del cocotero.

A medida que esta industria se expande, hay que prestar una atención creciente a los principios económicos y de manejo de las industrias de la madera de coco, y a la comercialización organizada de sus productos.

Para la elaboración de esta obra se consultó a las siguientes personas: V.K. Sulc, R. Juson y colegas (Centro de Investigación de Zamboanga, Filipinas); R.N. Palomar y A. Mosteiro (FORPRIDE, Filipinas);

Dr. A. McQuire y J. Kinninmonth (Instituto de Investigación Forestal, Nueva Zelandia); R. Ford, J. Turner y J. Vaney (Servicio Forestal de Nueva Zelandia, Rotorua); N. Evans (Fe'ofa'aki Enterprises, Tonga); R. Evans y A. Afeaki (Cocostem Development Co. Ltd., Nueva Zelandia y Tonga); K. Bergseng (Centro de Capacitación Maderera, Rotorua).

En la selección del material se ha consultado a otras personas y se han hecho evaluaciones de varias operaciones de elaboración del tronco del cocotero.

En la bibliografía se mencionan, además de otros textos, los documentos utilizados para la obtención de los diversos materiales.

Los redactores y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación desean agradecer a los especialistas, en particular a los mencionados anteriormente, su cooperación en la compilación del informe y la valiosa información extraída de sus publicaciones.

Anthony Haas,
Len Wilson
Redactores

Capítulo 1

El árbol del coco

El cocotero, *Cocos nucifera* L., es uno de los cultivos más importantes de los trópicos. Se encuentra en todas las regiones tropicales y en la mayor parte de las regiones subtropicales, sobre todo en Asia y el Pacífico; crece mejor en los terrenos bajos cercanos al mar, con aguas freáticas y abundantes lluvias.

Los árboles producen las nueces a partir de los cinco años de edad, lográndose la máxima producción entre los 15 y los 50 años. A continuación la productividad desciende constantemente hasta los 60 ó 70 años, edad a la cual el árbol se considera senil.

Es en este momento, o cuando el árbol es afectado por los huracanes o por la enfermedad, que puede aprovecharse la madera del cocotero maduro.

Propiedades, disponibilidad y aprovechamiento

Pocas plantas son tan versátiles como el cocotero. Su producto más importante es la carne de la nuez (el endospermo sólido) que, secado en forma de copra, proporciona el aceite de coco utilizado en la fabricación de jabones y detergentes, aceites y grasas comestibles, tortas oleaginosas, plasticizadores y otros productos industriales. En 1982 la producción mundial de copra ascendió a más de 4,9 millones de toneladas métricas, y en el mismo año el comercio de aceite de coco totalizó 1,27 millones de toneladas métricas, con un valor de 657 millones de dólares EE.UU.

Los aprovechamientos locales de los productos del cocotero son muy numerosos; el bonote, fibra extraída de la cáscara de la nuez, se destina a la fabricación de esteras, cuerdas, cepillos y cestas; el endocarpio duro proporciona carbón; la leche de coco (el endospermo líquido) se utiliza para cocinar y como bebida; la savia, que se obtiene sangrando la inflorescencia de la palma, proporciona azúcar, alcohol y vinagre; las hojas proporcionan material de techado y trenzado de cestos; el tallo o tronco se utiliza para la construcción y para otros fines cada vez más numerosos, que se describen en los siguientes capítulos.

La industria de la copra

La industria de la copra se remonta a 1841, año en que se expidió una patente para la fabricación de jabón a base de aceite de coco. Durante las décadas subsiguientes, la extracción de la copra, principalmente de árboles silvestres, corrió a cargo de mercaderes que abastecían a las grandes empresas jaboneras. Más adelante, a comienzos de este siglo, la demanda de aceite de coco para los sucedáneos de la mantequilla estimuló el establecimiento de plantaciones.

En vista del favorable clima para las inversiones en aquella época, la mayor parte de la plantación se hizo en grandes haciendas, especialmente en Filipinas, pero muchos pequeños agricultores plantaron también el cocotero como cultivo comercial, que sigue siendo hoy día una parte importante de las economías de algunos países insulares.

Después de 1918 otros cultivos, en particular el caucho, parecieron ofrecer mejores oportunidades de inversión y la plantación de cocoteros en gran escala disminuyó, para detenerse prácticamente con la depresión económica de los años treinta.

La gran población de árboles creada durante el auge de las plantaciones siguió produciendo en abundancia, pero con las fuertes fluctuaciones del precio de la copra, así como la creciente aceptación de los aceites vegetales alternativos, la industria languideció, con las consiguientes dificultades para las economías que dependían de ella (Evans, 1978).

Como consecuencia de ello, la principal población de árboles productivos fue envejeciendo hasta que, a los 60 ó 70 años de edad, la productividad empezó a disminuir radicalmente. En los países cuyo comercio y agricultura de subsistencia siguieron dependiendo del coco, se vio claramente que era necesario proceder a una replantación, y se prepararon programas en conse-



El árbol de la vida.

cuencia. Así pues, por primera vez en la historia de la industria de la copra los plantadores se vieron enfrentados con problemas de corta, remoción y eliminación de los árboles viejos.

Ello supuso no solamente la inversión de la actitud tradicional en favor de la conservación de los cocoteros, sino también el arbitrio de medios económicos para su eliminación o aprovechamiento. No podían dejarse los troncos pudriéndose en el suelo, ya que la podredumbre de la madera facilita la cría del escarabajo rinoceronte (*Orystes rhinoceros*), plaga que ataca el núcleo del tallo, la corona y las nueces jóvenes; por

Cocos.



otra parte, quemar los troncos o tirarlos al mar hubiera resultado dispendioso (Evans, 1979). En los países que contaban con un mercado interno constante para la madera —especialmente los que recurrían a las importaciones— la transformación y el aprovechamiento de los troncos de los cocoteros ofrecían perspectivas económicas atractivas, y ello dio lugar al establecimiento de las correspondientes industrias.

El establecimiento de industrias madereras viables basadas en el cocotero requería en primer lugar dos líneas de investigación: la estructura y la composición del material crudo, con las técnicas adecuadas de transformación del mismo, y la ubicación y la disponibilidad de troncos viejos, enfermos o muertos.



Joven tongano trepando a un cocotero.

Efectos de la anatomía y la estructura del tronco en la utilización

Las propiedades y las particularidades del tronco del cocotero se expusieron en el Seminario sobre la Madera de Coco celebrado en Zamboanga (Filipinas) en 1979. Las indicaciones que figuran a continuación son extractos de las deliberaciones de este seminario (Philippine Coconut Authority, 1979a):

Como los cocoteros no poseen cambium vascular (tejido que crece lateralmente), su diámetro no aumenta con la edad. No es frecuente encontrar un tronco de más de 30 cm de diámetro. Las escasas



La leche de coco es una bebida alimenticia.

variaciones de diámetro entre un tronco y otro, o entre distintos lugares del tronco, reflejan las condiciones en que se desarrolla el tronco durante las primeras fases de su vida. La sangría es muy ligera (alrededor de 5 mm), y los troncos maduros de las variedades altas suelen alcanzar los 20 m de altura, con un volumen máximo de madera por tronco de 1 m³ aproximadamente.

Para obtener un crecimiento y una producción de nueces óptimas, las coronas y las raíces deben disponer de un amplio espacio. Esto limita la densidad de troncos en una plantación a unos 100 por hectárea. Así pues, el volumen maderero de una plantación madura o vieja es de alrededor de 100 m³/ha. A menudo los troncos son curvos. Esto limita la longitud del tronco aserrado y, aunque en algunas ubicaciones favorables (por ejemplo Zamboanga) es posible obtener trozas más largas, por lo general el máximo que puede obtenerse es una troza de una longitud aproximada de 4 m. Por consiguiente, la troza más grande no excederá de los 300 kg, lo que supone un peso bajo en comparación con las trozas de los árboles maduros de la mayoría de las especies forestales.

La mayor parte de las maderas duras o blandas muestran gradientes de densidad desde el centro del tallo hasta la superficie, y desde el extremo inferior hasta el extremo superior del tronco. Esto se debe a que la madera formada más tarde en cualquier sección transversal suele ser de crecimiento más lento y está compuesta de células con paredes más gruesas. En los troncos del cocotero los gradientes están mucho más



La extracción de la copra, una fuente tradicional de ingresos.

pronunciados, pero por diferentes motivos. La madera del tronco de la palma consiste en un cierto número de haces vasculares dispersos (cada uno de los cuales contiene vasos para la conducción del agua, líber para la conducción de los alimentos elaborados y fibras para el sostenimiento mecánico), fijados en una matriz de células más o menos esféricas de parénquima. Los haces vasculares son mucho más abundantes hacia la parte exterior del tallo. Un tronco típico de 1 m de altura tiene unos 10 haces por cm^2 en la porción central y unos 50 haces por cm^2 hacia la superficie (Meylan, 1978).

En un tronco joven las paredes celulares son relativamente delgadas y la densidad básica de la madera en estas dos zonas es de unos 90 y 300 kg/m^3 respectivamente. Sin embargo, en los árboles normales estas células de las paredes no están muertas, y el grosor de la pared sigue aumentando de modo que cuando la palma es madura la densidad de estas dos regiones puede alcanzar incluso los 250 y los 900 kg/m^3 (Richolson y Swarup, 1977).

Todos los tejidos de las regiones basales de los cocoteros viejos (incluidas las células del parénquima en el suelo) tienen paredes más gruesas. En la parte superior del tronco los haces son más abundantes; se han contado hasta 175 haces/ cm^2 cerca de la superficie de un tronco viejo a una altura de 19,5 m. Sin embargo, las células de estas zonas nunca tienen paredes gruesas, y la densidad básica de la zona era de sólo 250 kg/m^2 (Meylan, 1978). En la región central de este tronco

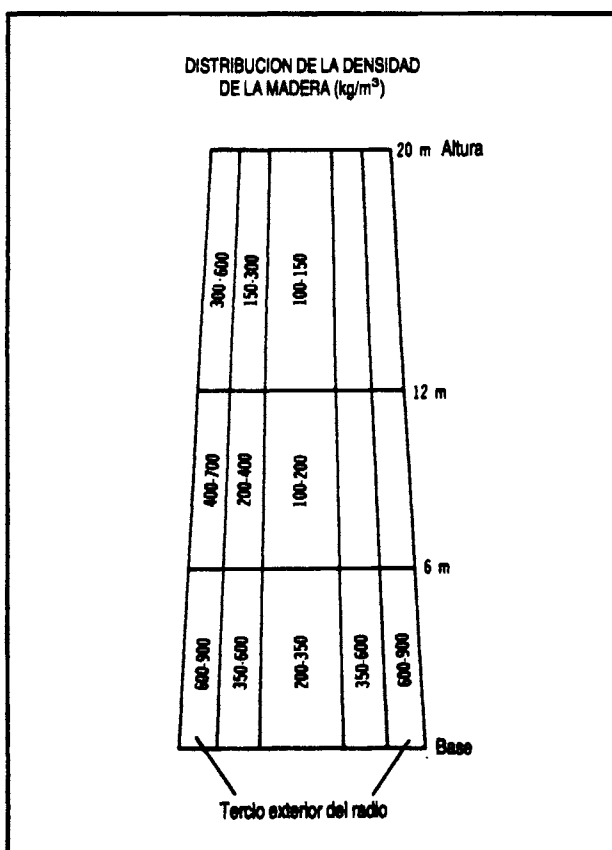
(19,5 m de altura) la frecuencia de los haces era de 68 por cm^2 . La densidad básica varía entre uno y otro tronco, pero por lo general la distribución de la densidad es del orden indicado en la Figura 1.

La solidez y la densidad son factores correlacionados (Walford y Orman, 1977), de manera que la distribución de la densidad condiciona el tipo de aserrado que debe elegirse si se quiere obtener una madera de gran solidez. Como las trozas son de pequeño diámetro, y la zona de alta densidad es bastante estrecha, de ello se desprende que de un tronco sólo pueden producirse unas pocas piezas, relativamente pequeñas, de gran solidez.

En Zamboanga el diámetro medio a la altura del pecho es de aproximadamente 32,5 cm; el diámetro máximo registrado es de 43,6 cm.

Hasta los 6 m de altura la zona de alta densidad (un tercio exterior del radio) representa alrededor del 20 por ciento del volumen total del tronco, pero si se tienen en cuenta las pérdidas de aserrío y otros desechos, la madera neta recuperable de densidad muy alta no alcanza el 10 por ciento del total. El tamaño máximo de la pieza que puede cortarse en esta zona de alta densidad es de 100 x 50 mm. Aunque la cantidad de este material por tronco es escasa, la calidad es uniformemente alta. Como la palma no tiene ramas, en la madera no hay nudos; por consiguiente, ninguna parte de la misma se ve debilitada por la presencia de defectos naturales.

Figura 1. Diagrama de la sección de un tronco de cocotero.



Aserrió

La operación de aserrar un cocotero es difícil y las sierras normales de acero se embotan y quedan inutilizadas después de unas pocas utilizaciones. Dos factores contribuyen probablemente a ello: en primer lugar, las fibras de paredes gruesas son extremadamente duras; en segundo lugar, el tejido parenquimal se desintegra formando un polvo fino y abrasivo que es difícil de eliminar de la corta y que causa un incre-



Trozos de coco, densas por fuera y blandas por dentro.

mento del calor de la fricción. Cuando se seca la madera y la pared celular se endurece, estos problemas se agravan. El contenido de sílice de la madera de coco es bajo, por lo que no constituye un factor a tener en cuenta como en algunas maderas duras, difíciles de aserrar. El empleo de puntas de carburo de tungsteno (o dientes de puntas de estelita o dientes incrustados) ha permitido superar los problemas básicos del aserrío, pero ha aumentado los problemas del mantenimiento de la sierra, por cuanto requiere un equipo más costoso y una mayor habilidad del operador.

Secado

Las maderas tradicionales tienen una configuración fibrosa clara, causada por un crecimiento radial periódico. Incluso las especies que no muestran anillos claros de crecimiento de la madera tienen diferentes propiedades en las direcciones radial y tangencial. Una de las propiedades más importantes es la de contraerse cuando se seca, pasando de la saturación de la fibra (alrededor del 30 por ciento de contenido de humedad) hasta el contenido equilibrado de humedad. La contracción en la dirección tangencial es aproximadamente el doble que en la dirección radial, de manera que si la madera no se ha cortado verdaderamente de manera tangencial o al cuarto, es inevitable que se produzca alguna deformación durante el secado.

En la madera de coco no existe esta diferenciación fibrosa, sino que la materia se seca uniformemente sin deformaciones transversales. La contracción lateral en cualquier dirección es de menos del 3 por ciento cuando el secado se efectúa desde la madera verde, hasta el 12 por ciento de contenido de humedad (Kinmonth, 1979b).

En la madera de coco de baja densidad la contracción se acentúa por el derrumbamiento, que no es recuperable mediante un reacondicionamiento subsiguiente con vapor a alta temperatura. A medida que la densidad básica del material disminuye hasta quedar por debajo de unos 350 kg/m^3 , la tendencia al derrumbamiento aumenta considerablemente, hasta alcanzar proporciones graves. El aprovechamiento de este tipo de material es muy limitado; el volumen de madera inutilizable es de aproximadamente el 15 por ciento del total del tronco.

Duración natural y conservación de la madera

El cocotero no forma duramen como la mayoría de los árboles. Ello afecta a su utilización por varios conceptos. La madera está uniformemente húmeda y se acerca al grado de saturación en todo el tronco; las variaciones del contenido de humedad dependen de las variaciones de la densidad, y por consiguiente del espacio disponible para el agua. La principal consecuencia de la falta de duramen es que la madera del tronco del cocotero no posee resistencia natural contra el ataque de los insectos perforadores y la pudrición por hongos. La madera recién cortada es muy vulnerable a la infección causada por el moho y los hongos decolorantes, y también a los ataques del barrenillo de la corteza. Por consiguiente, es esencial introducir la madera en una solución química profiláctica inmediatamente después del aserrío, para obtener un producto limpio. Ninguna parte del tronco es resistente al pudrimiento causado por los hongos, pero un material de mayor densidad tardará más tiempo en pudrirse del todo, debido simplemente a que las células de las paredes gruesas retienen cierta solidez durante un período más prolongado. La madera de baja densidad se pudre en el suelo al cabo de unas pocas semanas, mientras que la de densidad muy alta puede durar dos o tres años.

Los ensayos de tratamiento a presión indican que la madera puede tratarse con agentes de conservación, como el cobre-cromo-arsenato. Pero la distribución del agente de conservación no es tan uniforme como en la madera de pino, cuyos rayos ofrecen una importante vía de penetración, o en maderas duras permeables cuyos vasos son más continuos y están libres de obstrucciones.

Postes de tendido eléctrico

Los troncos poseen propiedades de solidez que los hacen ideales para postes de tendido eléctrico. Pero es difícil secarlos de manera que permitan concentrar el agente de conservación en las zonas exteriores más sólidas, sin que se produzca degradación.

Se sabe que la madera de cocotero es más susceptible que la del pino a la podredumbre blanda bacteriana. Por consiguiente, la madera de coco necesitará ciertamente una aplicación más intensa de agentes de conservación, pero no se ha determinado aún la cantidad exacta que puede garantizar una vida útil económica.

Para fabricar los postes o pilares es necesario en primer lugar extraer la corteza, para que se seque la madera subyacente. En la mayor parte de las especies esta operación de descortezado es relativamente sencilla, y se han ideado máquinas eficaces para ella. No obstante, en los troncos del cocotero se produce una transición gradual de la madera a la corteza. La región de la corteza que debe extraerse no está bien definida y es muy fibrosa. Todavía no es posible efectuar el descortezado a máquina; por ahora, el descortezado debe hacerse a mano utilizando herramientas sencillas, como cuchillos o machetes. El tratamiento de los postes mediante el desplazamiento de la savia es una alternativa al tratamiento normal a presión, pero las profundas fisuras de la corteza hacen difícil la inserción a presión en el tronco. Además, los elementos conductores de la savia (vasos de los haces vasculares) ocupan sólo del 4 al 5 por ciento aproximadamente del volumen histológico total, en comparación con el 30 o el 40 por ciento en la mayoría de las maderas duras, y con el 90 por ciento de los traqueidos en las maderas blandas.

Pasta y papel

Ensayos efectuados en Filipinas y en Nueva Zelanda han demostrado que la madera del tronco del cocotero puede servir para la fabricación de pasta y papel con cualidades similares a las fabricadas con la mayoría de las maderas duras, aunque la elevada proporción de disgregaciones (de tejido parenquimal) reduce considerablemente los rendimientos globales. Estas pequeñas células parenquimales pueden causar problemas también en la fabricación de tableros de partículas.

Leña

El valor calorífico de la madera de coco (energía calórica liberada en la quema, por peso unitario de la madera seca) es similar al de otras maderas. Pero en este tipo de madera es necesario un secado previo para que quemé fácilmente. Con objeto de efectuar el necesario secado, el tronco se corta transversalmente en fragmentos pequeños y a continuación se parte, utilizando el equipo y las técnicas adecuadas para superar la falta de planos de debilidad en la dirección radial.

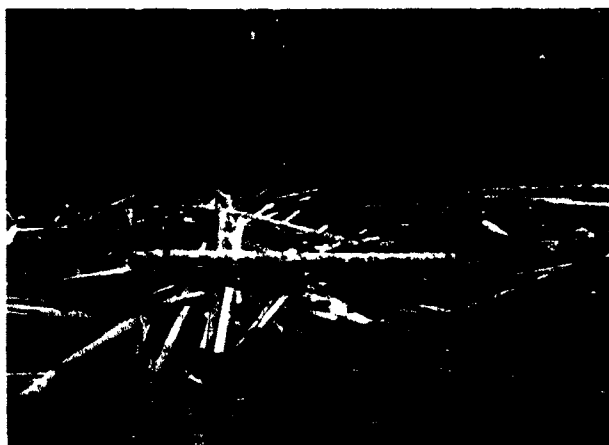
El tronco del cocotero posee varias características que lo hacen especialmente apto para la explotación maderera.

Los intentos iniciales de aprovechamiento fueron algo desalentadores porque los resultados no eran tan buenos como los de la madera convencional, blanda o dura. Sin embargo, muchos de los problemas se debían a que se había tratado de aplicar tecnología ideada para otro material muy distinto.

No cabe duda de que en el futuro los troncos del cocotero se utilizarán como alternativa de la madera convencional en varias utilidades, en muchos casos con igual o mejor resultado.

Disponibilidad del recurso

Un requisito previo para el establecimiento de una industria de madera de coco es un suministro suficiente de troncos viejos o utilizables por otro concepto, de volumen conocido. Las estimaciones de la disponibilidad de materia prima deben efectuarse con precisión, si se contempla una inversión industrial.



Leña de trozas de cocotero.

La evaluación preliminar puede hacerse mediante una inspección visual de la plantación. La edad del árbol puede calcularse contando las muescas en la superficie del tallo, mientras que el volumen del tronco se obtiene del modo usual, a partir de la altura y el diámetro. Un cocotero maduro crecido en los trópicos rendirá alrededor de 1 m³ de madera, pudiéndose prever una recuperación aproximada del 40 por ciento en calidades densas y medias de madera aserrada. En Zamboanga se obtiene un volumen medio de troncos de 1,158 (Philippine Coconut Authority, 1979a) con una población de no más de 115 troncos por hectárea.

Dados estos supuestos de madurez y rendimiento, el volumen potencial de madera industrial puede obtenerse contando los árboles; de ordinario, 100 troncos por hectárea.

Evaluación del recurso mediante estimación - Pacífico Sur

Antes de la celebración en Tonga, en 1976, del Seminario sobre Utilización del Tronco del Cocotero, se pidió a todos los países del Pacífico Sur participantes

que completaran un cuestionario sobre el alcance y la productividad de sus recursos de cocoteros. Pese a algunas diferencias en los métodos de evaluación y en la fiabilidad de los datos sobre los que se basaron, los resultados indican una tendencia que puede ser de importancia para la política futura de manejo. Las respuestas al cuestionario mostraron la siguiente situación del recurso en el Pacífico Sur: la superficie de tierras total era de 547 989 km²; la superficie plantada con cocoteros cubría 460 000 hectáreas; 31 por ciento del recurso se consideraba viejo; 23 por ciento del recurso se consideraba inmaduro, y 46 por ciento del recurso se estimaba productivo.

Menos de la mitad del recurso se consideraba productivo en 1976, y es posible que el ritmo de maduración de esta parte supere el ritmo de sustitución por poblaciones no maduras. Si ello fuera así, dos tercios de la superficie podrían destinarse a la explotación y replantación. Un estudio subsiguiente (Philippine Coconut Authority, 1979a) partía del supuesto de que la superficie del recurso disponible para explotación en el Pacífico Sur en los 50 próximos años sería del orden de 350 000 ha, y que un ritmo de tala de 7 000 ha al año proporcionaría un rendimiento anual de rollizas de un millón de m³ aproximadamente (basado en una estimación alta de 125 árboles por hectárea y 1,25 m³ por árbol).

En Filipinas se calculó, con arreglo a las mismas hipótesis, que en los próximos 50 años se obtendrían 4,06 millones de m³ al año, en una superficie de 1,6 millones de hectáreas de plantaciones.

Evaluación del recurso mediante encuestas - Tonga

En 1981 el Reino de Tonga efectuó diversas encuestas de la población de cocoteros, edades y productividad, que proporcionaron información cuantitativa

sobre el tamaño y la distribución de los troncos viejos. Sobre esta base, en 1982 el Gobierno anunció una política de aprovechamiento controlado del recurso, junto con normas para regular la industria incipiente de aserrío, con objeto de garantizar una viabilidad paralela a la de la industria de la copra ([Tongan] Coconut Review Committee, 1982).

Gracias a estas medidas se obtuvo una tala anual de 1,6 por ciento de la población total de cocoteros, con un ciclo de aprovechamiento y replantación de 62 años.

Evaluación del recurso mediante inventario - Fiji

Antes de establecer una industria maderera suele efectuarse un inventario de la fuente de la materia prima. En 1977 el Organismo de Cooperación Internacional del Japón efectuó un inventario de los troncos de cocotero en la isla de Taveuni.

Se hicieron fotografías aéreas de toda la isla a escala de 1:10 000, seguidas de un muestreo aleatorio estratificado con objeto de obtener información sobre el número y el volumen de los troncos. A continuación, un estudio pormenorizado de las fotografías con el control de tierra proporcionó detalles sobre las diversas plantaciones, incluida la superficie, el número de troncos por hectárea, la altura media y el volumen total. Se prepararon cuadros del volumen de los troncos, se registraron estadísticas individuales de las plantaciones en un mapa de escala 1:10 000 y se mostró la distribución general del recurso en un mapa de escalización de los cocoteros de escala 1:50 000. Los gobiernos necesitan información fiable y detallada de este tipo para preparar los planes de manejo de las plantaciones, y los propietarios de los aserraderos la necesitan también para los estudios de viabilidad industrial.

Capítulo 2

Aprovechamiento de la madera de coco

Las calidades más densas de madera de coco pueden utilizarse como material de construcción, mientras que las calidades de menor densidad sirven para la construcción de muebles y objetos de interior. La construcción que utiliza exclusivamente la madera de cocotero ha dado resultados económicos.

El material más denso permite construir muebles atractivos, y se utiliza mucho también para hacer objetos utilitarios y de decoración.

Las rollizas tienen excelentes propiedades de solidez y son aptas para postes de tendido eléctrico y vallas, a condición de que se resuelvan los problemas del tratamiento de conservación.

Como se observaba en el Capítulo 1, el exceso de madurez de las plantaciones de cocoteros y la necesidad de sustituirlas por variedades de más elevado rendimiento ha constituido la base de todos los trabajos recientes sobre el aprovechamiento de la madera de coco y las industrias adecuadas de elaboración.

En los años 60 los productores de cocos se sentían alarmados ante los problemas planteados por la avanzada edad de los árboles—productividad decreciente y pudrición de los árboles muertos o moribundos—. A estos problemas venían a añadirse con frecuencia las destrucciones causadas por los huracanes.

Entre las instituciones que primero emprendieron estos estudios, cabe mencionar en especial las de la región del Pacífico, a saber: el Instituto Filipino de Investigación y Desarrollo de Productos Forestales; el Centro de Investigación de Zamboanga, de la Dirección del Coco de Filipinas (Philippines Coconut Authority), que cuenta con la asistencia del Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo y de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; el Departamento Forestal de Fiji, el Instituto de Investigación Forestal de Nueva Zelanda y el Centro de Capacitación en la Industria Maderera de Nueva Zelanda.

Los estudios abarcan las propiedades anatómicas y madereras, el aserrío, el secado, la conservación, las propiedades mecánicas, el diseño mecánico, la fabricación de carbón, los tableros a base de madera, las propiedades para la fabricación de pasta y papel, el maquinado, la construcción de viviendas y la utilización en diversos productos manufacturados. El Instituto de Investigación de Productos Tropicales del Reino Unido estudió el empleo de la madera de coco en la fabricación de tableros de partículas y en otros procesos.

Las conclusiones de investigación y desarrollo se resumieron en dos importantes reuniones celebradas en Tonga en 1976 y en Filipinas en 1979 (Ministry of Foreign Affairs, Wellington, 1977; Philippine Coconut Authority, 1979a).

Entre tanto se habían establecido diversas industrias de aserrío en pequeña escala en algunas regiones del Pacífico, en un intento de comercializar los productos de la madera del coco que iban obteniéndose.

En 1983 explotaban aserraderos en Tonga el Gobierno, la Iglesia católica y un explotador comercial. Los cultivadores utilizaban los aserraderos para el aserrío de sus troncos viejos, destinando la madera a sus propios proyectos. Un operador comercial compraba trozas a los cultivadores, las aserraba y ofrecía la madera en el mercado local. En las Islas Salomón un explotador comercial aserraba las trozas y ofrecía la madera más densa a una empresa de Nueva Zelanda, que construía con ella paneles de pared y pisos. En Sri Lanka un organismo paraestatal adquirió troncos derribados por un huracán, aserrando la madera y vendiéndola en el mercado local. En Kiribati un aserradero móvil empezó a funcionar en una isla exterior; la madera se enviaba a la capital de la República y se almacenaba en espera de decidir cuál iba a ser su uso final. En otra isla exterior de Kiribati se planeó un proyecto de aserrío de troncos con sierras de cadena, con objeto de proporcionar madera para la construcción de

30 casas. Cerca de Los Baños, en Filipinas, se planeó un proyecto de aserrío de madera para la construcción de casas de bajo costo. En Zamboanga diversos comerciantes y entidades oficiales trataron de emplear madera de coco en un programa de construcción de viviendas de bajo costo.

En 1983 funcionaban aserraderos de cocoteros en Fiji, Samoa Occidental, Polinesia Francesa, Vanuatu, Tuvalu, Papua Nueva Guinea, India, Indonesia, la República Popular de China y Jamaica.

Algunos proyectos de aserrío han tropezado con dificultades derivadas de problemas de manejo, técnicos y económicos, que eran de prever en una industria relativamente nueva y muy desperdigada. Ejemplos típicos de estos problemas son el suministro insuficiente o irregular de materia prima, los costos excesivos de transporte, la insuficiente atención prestada a las técnicas de aserrío que se adaptan mejor a la recuperación de las calidades más altas de la madera, las prácticas imperfectas de secado y conservación, la falta de control de calidad, la evaluación incorrecta de los mercados y la incapacidad de competir con otros materiales.

Los problemas de este tipo podrán superarse a medida que los sectores público y privado adquieran experiencia en la elaboración, la comercialización y el manejo de este recurso. Los programas de replantación y los incentivos concedidos asegurarán un suministro adecuado de troncos; la demanda de madera existe ya, o puede fomentarse, en comunidades que carecen de materiales alternativos; y se posee la experiencia suficiente en la tecnología de producción y aprovechamiento.

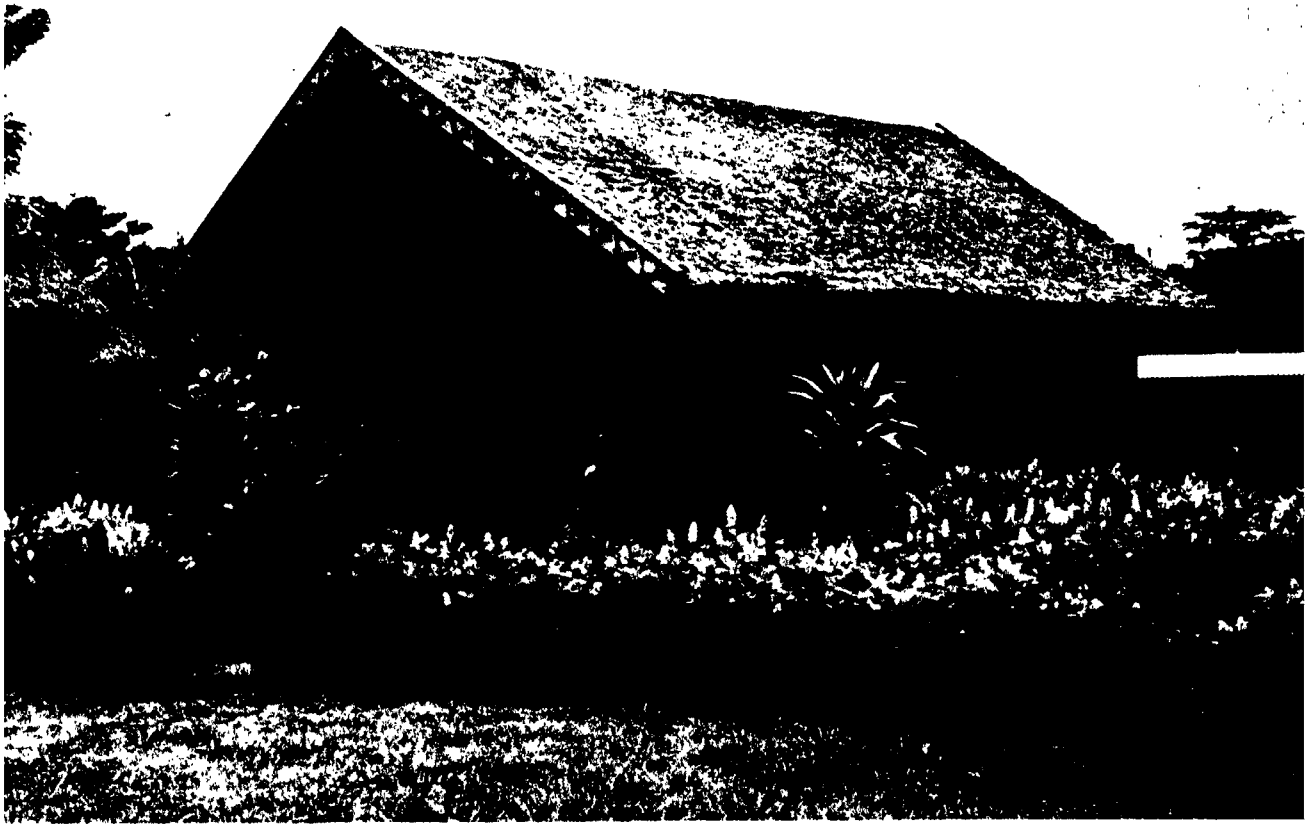
En el presente capítulo se exponen algunos ejemplos de usos finales y productos que ya han sido objeto de demostraciones, y en algunos casos de comercialización.

Construcción

La experiencia demuestra que casi todas las variedades de madera de coco pueden dedicarse a funciones adecuadas en la construcción de edificios, sobre todo viviendas.

Los elementos estructurales de mayor peso de las viviendas deben construirse con calidades más densas de madera. Los entramados y los elementos internos se construyen con material de densidad media, y existe una amplia variedad de diseños modernos para ellos. Además de los métodos tradicionales de fabricación, las chapas claveteadas y los soportes de armazón facilitan el prefabricado de los entramados. Se han hecho diseños para una amplia variedad de usos, desde la construcción de tejados pequeños hasta la edificación de diversos tipos de edificios, entre ellos escuelas. Los pisos y los escalones se hacen de material duro, en forma de tableros maquinados o parquet. Los revestimientos internos de las paredes de las casas pueden hacerse con maderas blandas, que son bastante aptas para las superficies que no soportan ningún peso, aunque se utilizan maderas más duras cuando se quiere un acabado más apurado.

El revestimiento exterior, también de material más



Casa construida con madera de coco.



Madera de coco en contacto con el agua.



Armazón de edificio.

blando, debe tratarse con un agente conservador para evitar los daños causados por las inclemencias, y lo propio ocurre con las maderas duras para marcos de ventanas y cualquier material que esté en contacto con el suelo.

Debido a las limitaciones de tamaño, el empleo de madera de coco en edificios más grandes requiere la adopción de elementos laminados. Esta técnica ha dado resultados positivos. Se han fabricado vigas de diseño bastante moderno combinando tableros laminados con tableros chapados.

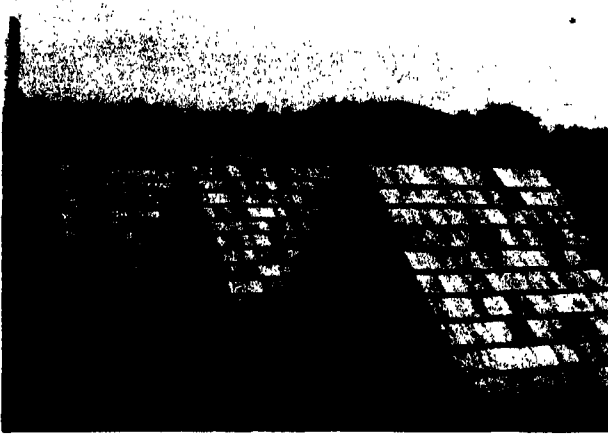
La capa exterior más dura, de calidades de densidad alta o media, tiene la solidez suficiente para su empleo estructural en edificios.

Las rollizas sólidas pueden utilizarse como postes para la parte superior de los fundamentos de cemento, y en otros elementos que exigen solidez y durabilidad.

Las viguetas de los suelos, los revestimientos del suelo, las viguetas de los techos, los entramados y los ensamblajes pueden ser de madera de coco densa. Los salientes del suelo y del techo, los salientes horizontales, los elementos superiores y la entibación pueden hacerse con madera de coco de densidad media (Kandeel, 1983).

Los ensamblajes, los revestimientos y pisos de madera de coco deben secarse previamente a la instalación, hasta alcanzar el nivel de equilibrio en cuanto al contenido de humedad.

La madera de coco puede utilizarse en la construcción de techados, con tablonos o con tejas. Cuando se quiere recoger agua de lluvia para consumo humano, el material de techado puede tratarse con un líquido de impermeabilización, con preferencia a los agentes líquidos de conservación, de alta toxicidad.



Tejas.

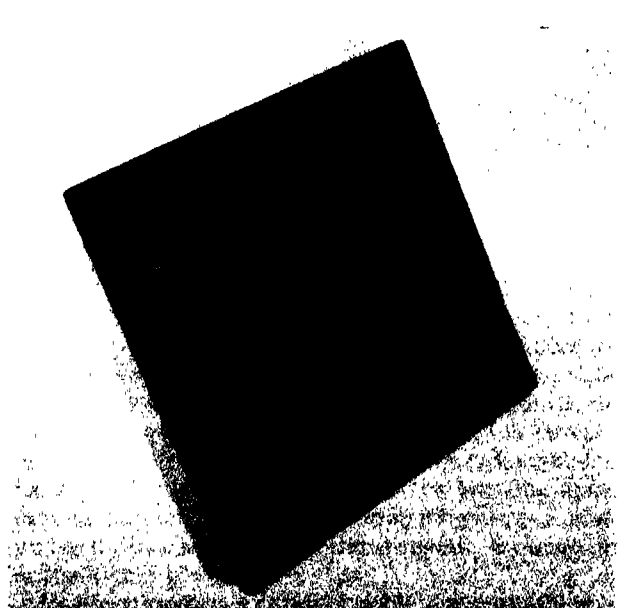


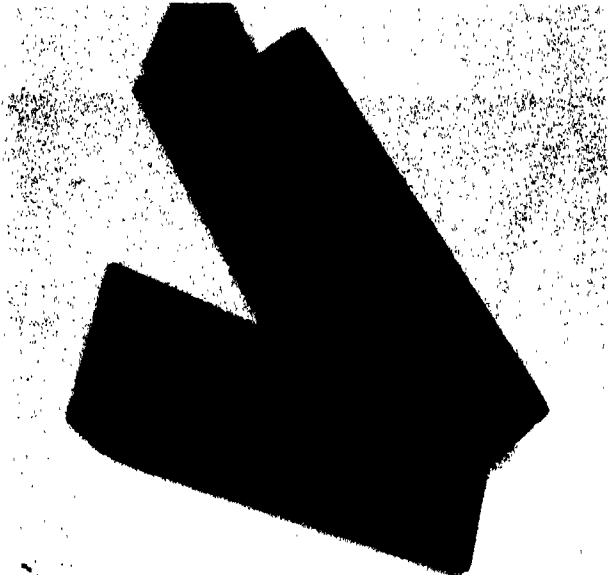
Pared exterior de madera de coco.

Revestimiento de pared.



Piso de madera en bloques.





Mesa plegable de madera de coco.

Piso de madera en tiras.

Ebanistería

La madera de coco más dura, que es muy atractiva, puede utilizarse en la fabricación de muebles, aunque su peso impone algunas limitaciones al tamaño de las piezas fabricadas enteramente de este material. Este problema se puede desde luego resolver fácilmente utilizando madera de coco en el armazón y completando el mueble con maderas más ligeras o con chapas laminadas. La madera de coco se presta al labrado y al torneado de figuras bastante complicadas, por lo que pueden esculpirse con ella diseños atractivos.

tenerse en consideración en el diseño de los muebles.

La madera de coco de densidad media es adecuada para la fabricación de muebles utilitarios, sin fines decorativos. Es fácil de atornillar, perforar, pegar y perfilar. La calidad media puede utilizarse junto con la calidad más alta en la ebanistería fina, si el diseño permite la diferencia de colores.

De ordinario los muebles de madera de coco no necesitan tratamiento de conservación. En la fabricación comercial es preciso utilizar cuchillas de filo de carburo de tungsteno montadas en cepilladoras, para lograr un ritmo razonable de producción.



Arcón de madera de coco.

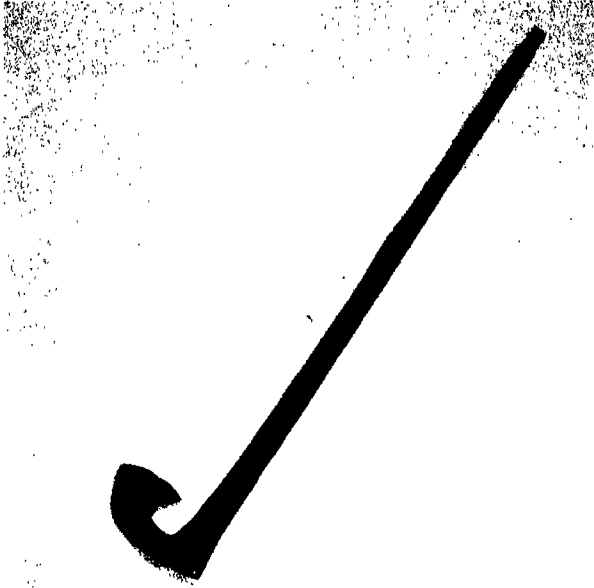


Silla de madera de coco.

La madera de coco de alta densidad (calidad 1) suele preferirse para la ebanistería fina, ya que es suficientemente sólida, no se dobla y resiste a las muescas y hendiduras. Su color, textura y aspecto la hacen idónea para esta utilización. De hecho, la madera de calidad 1 tiene un aspecto tan atractivo que en algunos casos puede resultar excesivamente vistosa, lo que debe

Objetos utilitarios y decorativos

La estructura de la madera de coco hace que las calidades más duras sean extremadamente aptas para la fabricación de una amplia variedad de objetos utilitarios, que requieren calidades muy específicas de la madera. La trama entrecruzada de la fibra, a la que se



Bastón.



Arco y flechas.

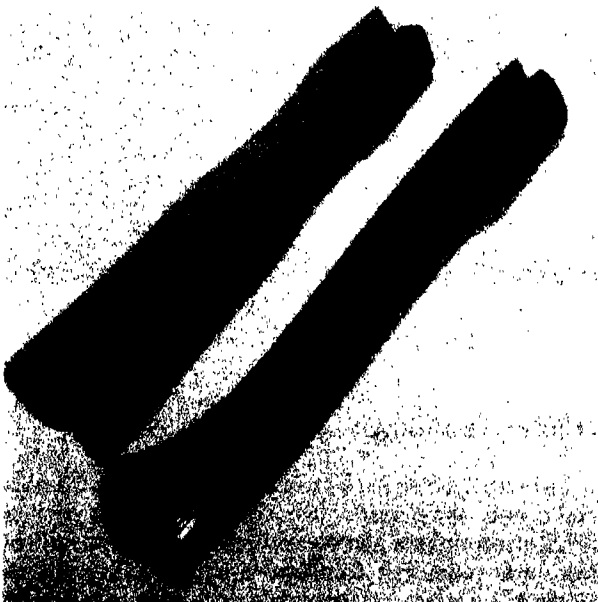
deben en parte las dificultades de aserrío, hace que la madera sea ideal para la fabricación de mangos de herramientas de formas complicadas, como hachas y pinceles, cuando se plantea el problema del corte en la dirección de la fibra. Además, la resistencia de la madera de coco aumenta la capacidad de absorción de los impactos en los martillos y las hachas. Mediante el proceso de laminación es posible fabricar mangos de sierra sumamente duraderos.

Esta combinación de calidades estéticas y resistencia debería proporcionar a la madera de coco un lugar en el amplio mercado de los objetos decorativos y utiliza-

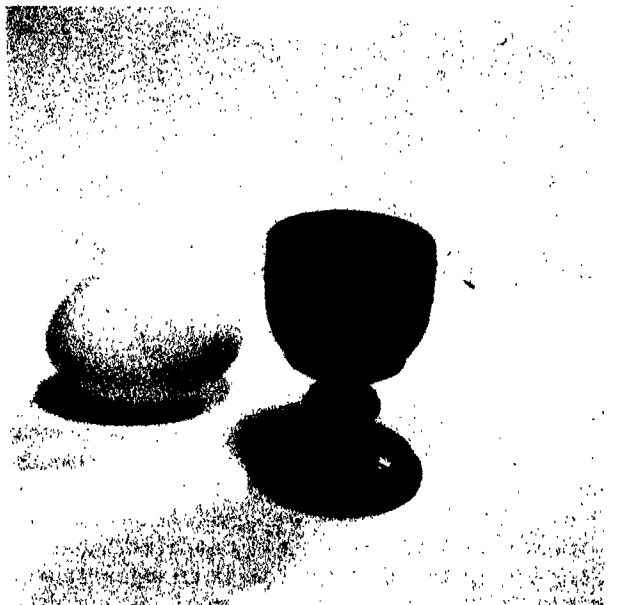
rios, como las vasijas, bandejas, etc. El elevado índice de elasticidad hace pensar que este material puede utilizarse en una variedad de formas cilíndricas, desde palos de escoba hasta varas de medir.

Una madera que posee propiedades tan atractivas puede tener buenas perspectivas en el sector de los objetos de artesanía. Aunque no es un mercado muy voluminoso, sí podría constituir una importante industria casera que diese trabajo lucrativo a muchas personas. Con madera de coco pueden fabricarse sujetalibros, candeleros, bandejas, vasos, cubiletes, tableros de ajedrez, saleros, etc.

Mangos de martillo.

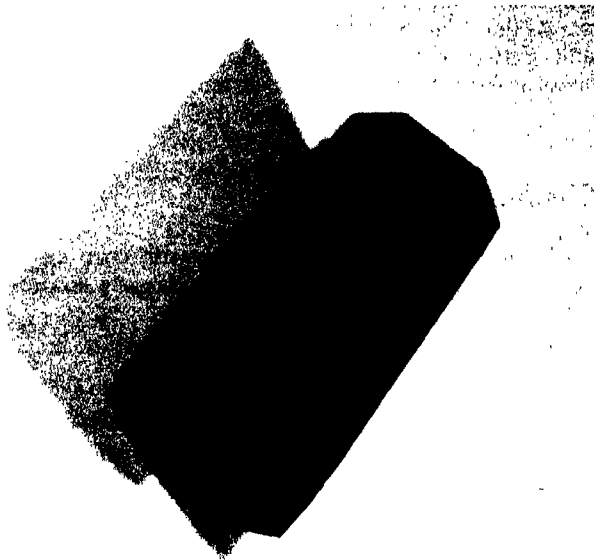


Huevera.





Chapa laminada.



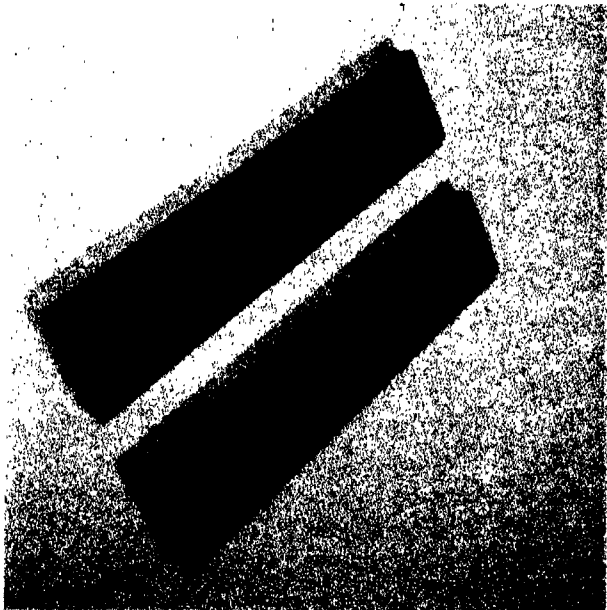
Madera de coco laminada.

Producción de tableros

En el Reino Unido y en Filipinas se han efectuado ensayos de fabricación de tableros de partículas a base de madera de coco.

Se comprobó que el tronco del coco era una materia prima poco idónea para este uso, aunque es técnicamente posible hacer tableros que respondan a las normas aceptadas. Sin embargo, un estudio económico indicó que no era probable que la fabricación de tableros fuera viable en lugares en que existían materiales competidores, o de mercado demasiado pequeño.

Tablero de partículas.



Producción de rollizas

La estructura del tronco es ideal para hacer postes de tendido eléctrico, ya que tiene una gran solidez y flexibilidad y puede soportar altas velocidades del viento. De ordinario es posible seleccionar tallos rectos y exentos de defectos.

El principal problema consiste en secar suficientemente los postes de modo que pueda efectuarse la impregnación a presión con un agente líquido de conservación. El descortezamiento es un proceso previo esencial, y hasta ahora no se ha encontrado ningún método adecuado que sea plenamente mecanizado. El descortezamiento puede efectuarse a mano con un cuchillo de tipo raspador. El empleo de rollizas de madera de cocotero como postes para la construcción plantea problemas similares.

Los postes de madera de coco para cercados deben

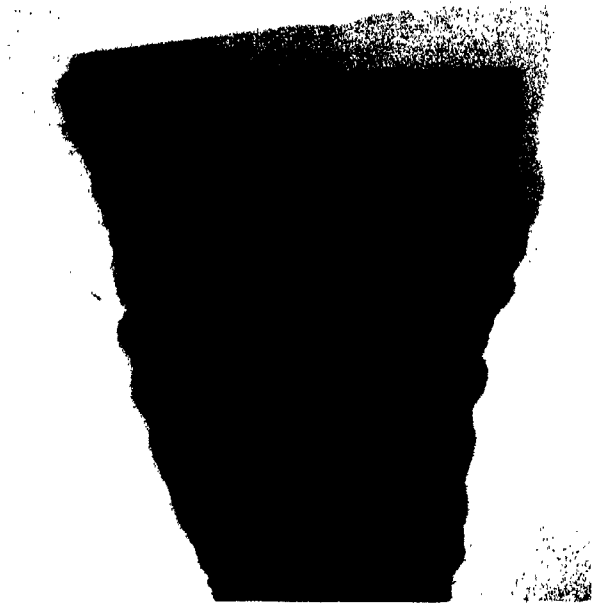
Postes de tendido eléctrico.



prepararse en semirrollizas, eliminándose el material menos denso antes del secado y el tratamiento a presión. Esto produce un poste de solidez adecuada, que puede conservarse de manera eficiente.

Combustible y energía

El aprovechamiento de la madera de coco en la fabricación de carbón y la producción de gas y subproductos se describe en el Capítulo 8.



Corte transversal de un tronco, de corteza a corteza, someramente lijado.

Capítulo 3

Extracción

Los troncos del coco pueden talarse y transportarse como los de otros árboles de plantación.

En términos prácticos, en la tala y la remoción de los troncos de cocotero desde la plantación hasta el aserradero se ha de tener en cuenta la situación del árbol, dentro de la plantación. Hay que considerar si en la superficie cubierta por la palma se han practicado cultivos intercalados o pastoreo, si es llana o irregular, o si los árboles están concentrados o dispersos.

El tamaño y la sofisticación del equipo dependen, al igual que en otras operaciones forestales, de la escala a que se realice la corta y de la situación y la capacidad del aserradero que recibirá los troncos.

Las plantaciones de cocoteros suelen estar situadas en terrenos de fácil acceso. Los troncos carecen de ramas y son casi rectos, y sus dimensiones uniformes y no muy voluminosas permiten el empleo de equipo relativamente sencillo para las operaciones de tala, remoción y transporte.

Selección y tala

En el Capítulo 5 se describen los principios de la clasificación de la madera de coco. El control de calidad comienza con el árbol en pie, calculándose la edad y la calidad potencial de la troza antes de la tala.

La tala, si bien parece una operación sencilla, a menudo se ve complicada por la necesidad de preparar la tierra para la plantación. Por este motivo, en los lugares donde la topografía y la ausencia de irregularidades del terreno permiten el cultivo mecánico, conviene extraer los tocones o por lo menos nivelarlos con el terreno.

La extracción del tocón junto con las raíces es siempre una operación costosa, que requiere equipo pesado o una aportación cuantiosa de mano de obra, y con frecuencia ambas cosas a la vez. Si la operación es necesaria, las raíces y el tocón deberán cortarse por la parte inferior de manera que la palma pueda hacerse

caer con una topadora o un bulldozer. Este último procedimiento no es satisfactorio, por cuanto crea el importante problema de la eliminación del tocón y el sistema radicular, al cual generalmente va adherida una masa terrosa. De ordinario hace falta un día/hombre para la faena de extraer la tierra de cada tronco y dejar expuesto el tocón que va a quemarse (Figuras 2 y 3).

Sin embargo, la extracción del tocón no es una práctica corriente, debido a su costo. La eliminación del tocón después de la tala normal sigue constituyendo un problema. Una solución, ensayada en Filipinas, podría ser la disgregación del tocón con una carga explosiva.

La tala puede hacerse con hacha o con una sierra de mano manejada por dos hombres, cuando el número de árboles que debe talarse es reducido, como en las operaciones de remoción selectiva de árboles muertos, enfermos o poco productivos dentro de una plantación sana.

La tala completa previa a la replantación es una operación en gran escala que justifica el empleo de sierras de cadena. Las experiencias en Filipinas indican que éste es el método más eficaz, a condición de que se hagan caer los troncos en la misma dirección para facilitar su corta transversal y su remoción; es esencial una capacitación y supervisión cuidadosas de los trabajadores, así como que existan los dispositivos adecuados para el mantenimiento.

Los tractores utilizados para la remoción de los troncos pueden suministrar energía a aserraderos pequeños.





Remoción de troncos con animales de tiro.

Remoción

Las trozas de aserrío no son demasiado grandes ni pesadas, y su remoción no plantea problemas. Según la escala de la operación y la naturaleza del terreno, la remoción puede efectuarse con animales de tiro, tractores agrícolas adaptados o remolcadores especializados.

El búfalo de agua, o carabao, puede ser muy apto para el transporte de troncos en zonas aisladas.

Uno de los sistemas más eficientes y menos costosos

de remoción de los troncos es el empleo de un tractor agrícola con una barra de arrastre encajada en los brazos de un elevador hidráulico. Esto permite elevar el pie del tronco para facilitar su arrastre, de manera que no toque el suelo (Figura 4). Este mismo tipo de máquina ha dado buenos resultados en la remoción de troncos de hasta 225 cm de longitud.

Figura 2. Extracción de raíces con bulldozer.

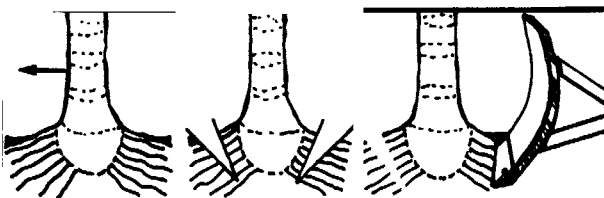


Figura 3. Corta a través de las raíces.



Transporte

La carga y el arrastre no necesitan un equipo pesado o altamente especializado, para la escala habitual de las operaciones en la plantación. La carga puede hacerse a mano cuando los troncos son pequeños; cuando son grandes podrá efectuarse mediante un tractor remolcador o una pala cargadora hidráulica de ataque frontal.

El transporte de trozas, como cualquier otra operación forestal, debe efectuarse por el medio más económico. En las plantaciones en pequeña escala han dado buenos resultados los camiones de plataforma plana o las plataformas de cuatro ruedas arrastradas por un tractor agrícola.

Troceado

Antes de cortar el tronco en trozas debe marcarse la ubicación de cada corte; la longitud de la troza depen-

derá de la curvatura del tallo y de su utilización prevista. Los tallos de alta calidad para usos especiales, como postes de tendido eléctrico por ejemplo, deben identificarse y cortarse en consecuencia. Las trozas de aserrío suelen cortarse en longitudes de 4 a 6 m, y cada tronco rinde una o dos trozas según la altura y la idoneidad del árbol.

Eliminación de desechos

Con objeto de reducir al mínimo el peligro de infestación de plagas como escarabajos rinoceronte y gorgojos de la palma, es sumamente importante eliminar las hojas de la palma y la porción superior descartada del tallo, después del troceado. Como medida de utilización de desechos, en algunos casos se proporciona el material leñoso a los vecinos del lugar para que lo utilicen como leña, o fabriquen carbón. En otros casos, todos los desechos deberán dejarse secar y quemarse posteriormente.

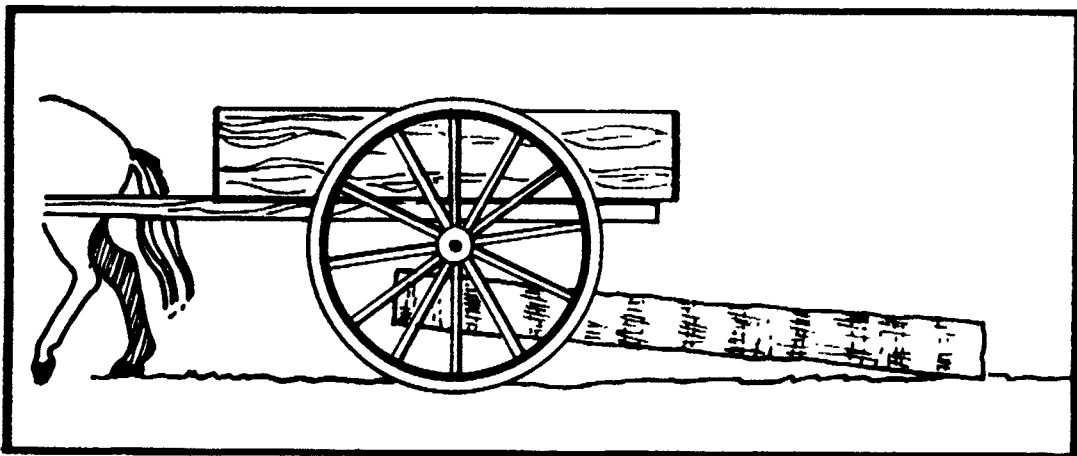


Figura 4. Arrastre del tronco con caballo.

Capítulo 4

Transformación primaria

El aserrío de las trozas de cocotero requiere una selección cuidadosa del tipo de corta, que garantice un rendimiento máximo de material externo de alta densidad.

La dureza y la naturaleza abrasiva de la madera hacen necesario utilizar dientes de sierra endurecidos.

Independientemente de estas consideraciones, la transformación primaria puede efectuarse satisfactoriamente con sierras tradicionales, aunque se han ideado tipos especiales de transporte más fácil.

Tipos de corta

Alrededor del 70 por ciento de la sección transversal de una troza de cocotero es de madera de dureza elevada o media (limitada a la periferia) y de esta proporción un poco menos de la mitad puede aprovecharse como madera de aserrío. El núcleo blando, que a menudo proporciona 100×100 mm de madera aserrada, se separa y queda como madera de calidad inferior. Es preferible dejar corteza en la madera exterior de alta calidad, que incluir madera del núcleo. Para las maderas de calidad de exportación puede volverse a aserrar la troza según sea menester.

Un tipo habitual de corta para trozas de 200 ó 300 mm de diámetro, con objeto de formar una troza de sustentación central que separe el material duro del material blando, puede verse en la Figura 5. Esto permite obtener un surtido de piezas de 100×500 mm o 75×50 mm, más cortes secundarios de 50×50 mm y 50×25 mm. Este mismo procedimiento puede utilizarse en los aserraderos convencionales, como indica la Figura 6.

En las Figuras 7 y 8 pueden verse los tipos de corta para vigas y cerchas, y en la Figura 9 los correspondientes a la selección de calidad.

Sistemas de aserrío para la madera de coco

Los factores más importantes en la selección del equipo de aserrío son la facilidad de transporte y la eventual capacidad de reubicación; la simplicidad del diseño para evitar averías difíciles de reparar en lugares aislados; la facilidad de funcionamiento, puesto que a menudo la capacidad de los aserraderos será limitada; y su bajo costo, ya que la industria está situada con frecuencia en zonas pobres y subdesarrolladas.

Existen muchos diseños de aserraderos en activo. En Tonga, en 1983 había seis aserraderos en funcionamiento, todos ellos de diseño distinto; cinco se fabricaron en Nueva Zelanda y se vendieron como aserraderos fijos locales, de diseño modificado. La disposición y funcionamiento del aserradero debe corresponder al uso final al que se destina el producto. La entrada de las trozas ha de ser sencilla, debiéndose evitar la elevación, y el espacio de almacenamiento no ha de ser muy extenso, ya que de ser posible las trozas deben aserrarse a las pocas horas de su consignación. Inmediatamente después del aserrío toda la madera debe introducirse en un baño químico para evitar la decoloración.

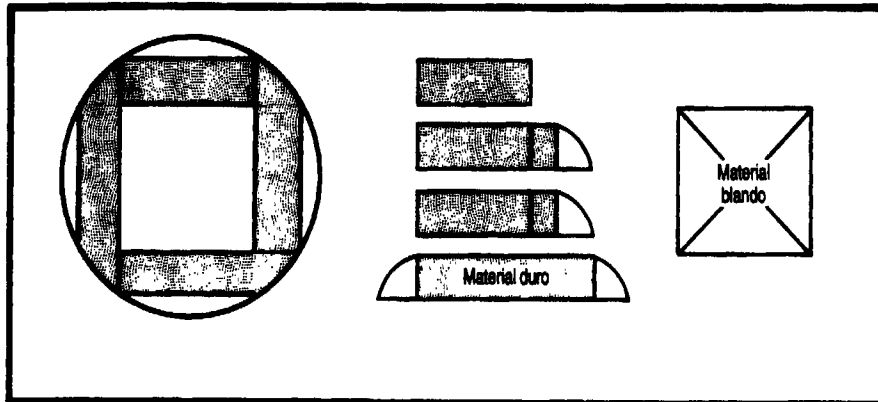
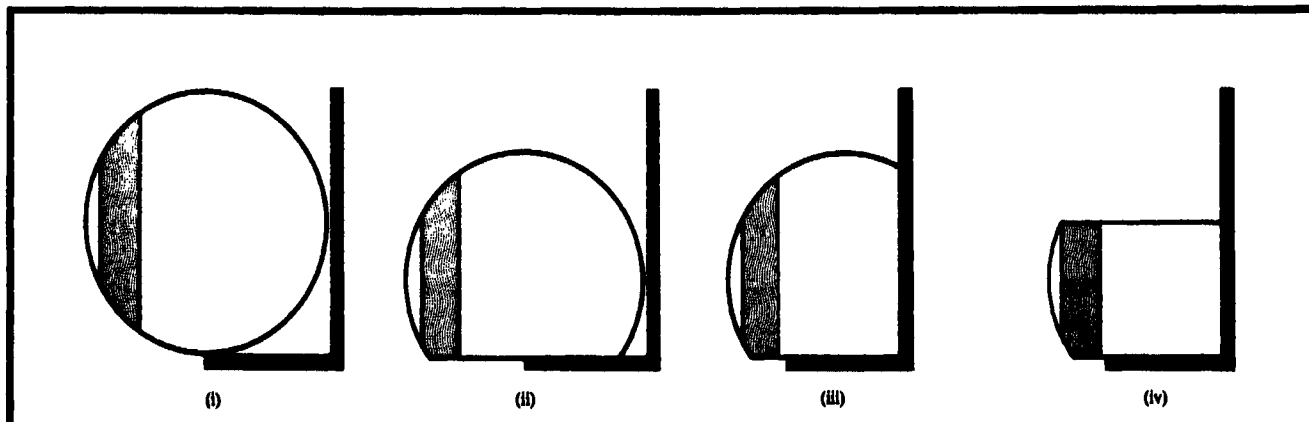


Figura 5. Tipo de corta con el sistema de la troza de suspensión central.

Figura 6. Tipo de corta para aserraderos convencionales.



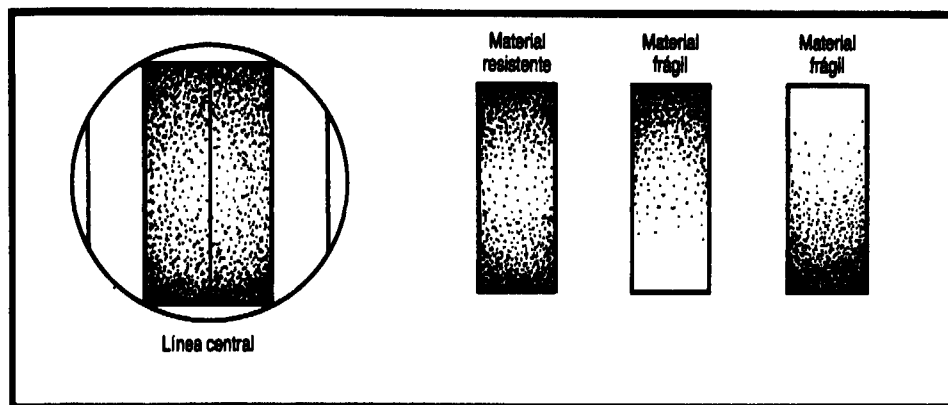


Figura 7. Tipo de corta para vigas.

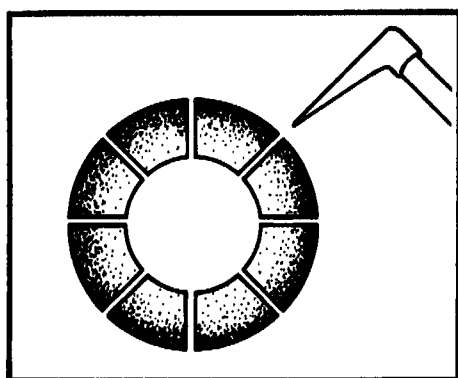


Figura 8. Tipo de corta complementaria para cubreras.

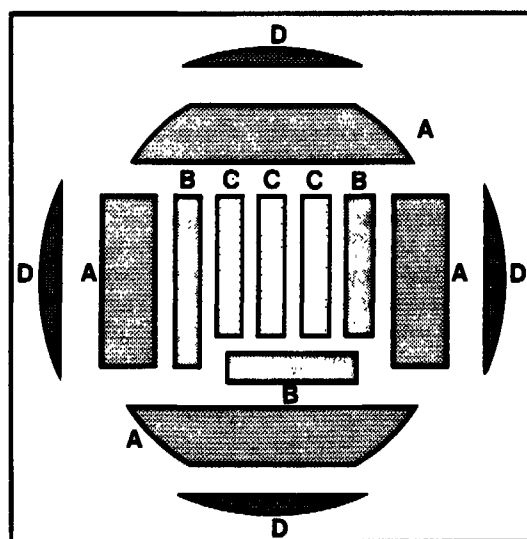


Figura 9. Tipo de corta para selección y clasificación.

ción, y a continuación apilarse de manera ordenada para facilitar el secado, conservando cuidadosamente las marcas de clasificación efectuadas en el bosque.

Tipos de aserraderos utilizados para el aserrío de trozas de cocotero

No hay informes de ensayos operacionales completos de todos los aserraderos que trabajan con la madera de coco, pero los ensayos comunicados por el Centro de Investigación de Zamboanga, en Filipinas, y por el Centro de Capacitación de la Industria de la Madera, en Nueva Zelanda (Bergseng, 1974), ofrecen una buena orientación para seleccionar los aserraderos en diferentes condiciones. Se han comunicado los resultados de otros ensayos de campo en Filipinas, Tonga y Kiribati.

Las especificaciones, ventajas e inconvenientes de estos aserraderos se indican a continuación.

1. Aserradero portátil de tamaño medio

Se ha diseñado un aserradero de este tipo con asistencia del Centro de Capacitación de la Industria de la Madera, destinado especialmente al aserrío de troncos

de cocotero en Tonga. Se trata de una máquina robusta, que puede transportarse por terreno escabroso sin que se deforme el armazón. La principal unidad tiene tornillos en cada extremo, que pueden atornillarse a plataformas de madera para evitar el movimiento (el peso del carro pasa de un extremo del carril al otro). Como está montado en un eje único con ruedas neumáticas dobles, conviene atornillarla y colocar una masa sólida bajo el armazón central principal para evitar el movimiento durante la operación. Conviene nivelar perfectamente la máquina, aunque no es esencial. Todas las partes de la máquina están unidas sólidamente entre sí (carril, carro, sierra principal, bloque motor, banco rodante) y han de permanecer alineadas en todo momento.

Esta máquina fue diseñada originalmente con una sierra de calibre 9 y 1 120 mm de diámetro, que es suficiente para la mayor parte de las trozas de coco. El banco auxiliar adjunto puede remolcarse en automóvil por carretera o en tractor en los terrenos abruptos. Es un aparato autocontenido, de sólida construcción, con carriles de vagoneta montados directamente en la estructura principal. De esta manera se mantiene alineado con la máquina en cualquier circunstancia. El motor de la unidad principal está montado en un armazón que puede desplazarse por rodamiento desde su posición operativa, lo que hace que la unidad sea más compacta y facilita su transporte.

La unidad de corta necesita un motor de energía equivalente a un motor eléctrico de 75 hp y el banco auxiliar un motor de 30 a 35 hp.

Ensayos de campo

Un estudio de producción de este tipo de aserradero se ha llevado a cabo en la Estación de Investigación de la Dirección del Coco, en Filipinas (Kandeel, 1983; Juson, 1983c).

Las trozas utilizadas procedían de 116 cocoteros que se talaron y se dejaron en el terreno durante unos ocho meses, y de 241 cocoteros recién talados. Los troncos, cortados en longitudes de troza de 320 a 512 cm, desde el pie hasta la parte superior, se apilaron en un lugar bastante bien nivelado, donde podía instalarse el aserradero.

El aserradero portátil consistía en una sierra de corta de 1 200 mm de diámetro, y una sierra de 195 mm de diámetro en el banco auxiliar. Ambas sierras circulares, equipadas con 17 y 13 dientes de estelita respectivamente, eran alimentadas por un solo motor. El aserradero fue remolcado hasta el lugar con un tractor agrícola normal y se montó en un día.

Se fijó un régimen de motor de 2 100 r/min, lo que daba una velocidad equivalente de la sierra de corta de 770 r/min, que a su vez generaba una velocidad de aserrío de 1 250 r/min en el banco auxiliar. Durante todo el proceso de aserrío se mantuvo un ángulo de diente de 30°. Un equipo de siete hombres efectuó el aserrío de la muestra, mientras que un asistente se ocupaba de registrar los datos.

Alrededor del 16 por ciento de las trozas de cocotero almacenadas durante ocho meses no pudieron aserrarse por causa de pudrimiento, decoloración o agujeros en el núcleo. El período medio de aserrío fue de tres horas al día. Se dedicaron unas cinco horas a transportar la dotación al aserradero, clasificar y apilar la madera aserrada, afilar la sierra, eliminar el aserrín y transportar las trozas por rodamiento hasta la plataforma de salida del aserradero.

La madera aserrada se clasificó y apiló fuera del aserradero, según la clasificación por densidades. Para apilar la madera aserrada a distancia del suelo se utilizaron tocones de cocotero de 45 mm de longitud. Listones cuadrados de 25 mm insertos entre cada capa de trozas permitían que circulase el aire por la pila. Durante el primer mes se efectuó una inspección cada semana, y a continuación dos inspecciones al mes. La recuperación de los árboles viejos fue del 34 por ciento, y la de los árboles recién talados del 41 por ciento. El 14 por ciento aproximadamente de la madera aserrada era de calidad de alta densidad.

Las consecuencias de las muescas laterales en los troncos (para trepar hasta los cocos) en Filipinas fueron manifiestas. Las muescas redujeron la recuperación de la madera aserrada, sobre todo de las calidades más densas.

Los ensayos de aserrío mostraron que el aserradero portátil puede operar eficientemente en condiciones de campo. Los índices medios de alimentación/aserrado variaron según el tipo de troza aserrada, a saber: trozas del pie, 23,4 m/min; trozas secundarias

30,6 m/min; trozas terciarias 36,3 m/min. Se observó una pérdida de potencia en el motor al aserrar las trozas del pie a un ritmo creciente de alimentación. Se aserró una media de 30 trozas por afilado. Los dientes de estelita con un ángulo de corta de 30° tuvieron que sustituirse después de siete u ocho afilados.

Se demostró también que podían aserrarse diez trozas recién taladas con una producción equivalente de 0,7 m³ de madera aserrada por hora.

Recomendaciones resultantes del ensayo

a) Los troncos de cocotero deben aserrarse « en verde » para obtener madera de mejor calidad. La acumulación de calor en la hoja de la sierra durante el proceso de aserrío se reduce al mínimo, por el alto contenido de humedad de los troncos.

b) El equipo de leñadores debe contar con un mecánico especializado en sierras, una clavija para hacer tensión en la hoja de la sierra, y un generador de 1,5 hp para el afilador auxiliar de los dientes.

c) En una operación comercial, el aserradero debería funcionar por los menos seis horas al día con una estación de 12 hombres. Seis hombres, entre ellos el mecánico de la sierra, se ocupan de la operación de aserrío mientras que los otros seis transportan las trozas por rodamiento hasta la plataforma exterior del aserradero, clasifican y apilan la madera aserrada, eliminan las virutas y el aserrín, y alimentan de agua el aserradero.

2. Aserradero grande transportable

Se ha diseñado un aserradero de mayor tamaño para satisfacer las demandas de aserrío de troncos de cocotero en Filipinas.

Su diseño es casi igual al del aserradero antes descrito, salvo que es mayor y tiene un carro para tres troncos cabeceros. Es más transportable que portátil y no tiene eje ni barra de remolque, sino que se desmonta por secciones y se coloca en un transportador.

La unidad puede ir equipada de una sierra de banda en lugar de la sierra circular de 1 372 mm.

El equipo del banco auxiliar y de la sierra son iguales a los descritos anteriormente.

3. Aserradero portátil ligero, de utilidad general

Los aserraderos no destinados a la corta de troncos de coco sino concebidos como unidades simples de bajo costo aptas para agricultores o contratistas que tienen que aserrar pequeños troncos de madera, son muy utilizados, pero adolecen de limitaciones.

Una variedad es el aserradero de construcción ligera de acero de cabeza redonda y hierro en escuadra, con una chapa de acero que se desliza por las guías superiores a modo de plataforma de transporte. Tiene también un banco auxiliar de construcción ligera que forma parte del aserradero completo. Aunque la

principal unidad tiene su propio eje para el desplazamiento, el montaje no es tan rápido y sencillo como el primer aserradero descrito anteriormente.

4. Miniaserradero

En la actualidad existen varios miniaserraderos diseñados en los Estados Unidos, Nueva Zelandia y Australia. El más pequeño de ellos es probablemente el más apto para la corta de trozas de cocotero.

A diferencia de otros diseños, en los cuales la troza se introduce en una sierra fija, este diseño cuenta con un motor de petróleo enfriado al aire, montado en un armazón que mueve dos sierras circulares, instaladas en ángulo recto. La unidad de aserrío se desplaza a lo largo de un carril del armazón principal. Las sierras se suben y se bajan en relación con la troza, y pueden desplazarse también lateralmente. En cada movimiento de las sierras se efectúa un corte horizontal y otro vertical, que coinciden exactamente. Estos aserraderos estaban destinados inicialmente a la corta de trozas grandes sujetas en el suelo con calzos, y son mucho menos eficientes en la corta de trozas de pequeño diámetro. La unidad es capaz de aserrar troncos de cocotero, pero no con mucha eficacia porque las trozas son pequeñas y deben someterse a rotación para recuperar la madera de la máxima densidad.

5. Banco auxiliar con carro ligero

Se trata de un banco auxiliar de aserrío con un carro ligero, que no es más que una plancha de madera pesada con soportes metálicos. En la parte inferior hay una pieza de acero que encaja en la ranura del carril; los troncos se desplazan por rodamiento en el banco y éste lleva machos ligeros que pueden clavarse en el tronco. Los rodillos de alimentación se mueven por energía hidráulica, y la velocidad e inversión son de fácil control. Este banco es ideal para los troncos pequeños. El tronco se parte primeramente en el carro de manera que forme secciones manejables; a continuación se quita el carro y se utiliza la unidad como un banco auxiliar normal. La producción es baja, pero sólo hacen falta tres trabajadores.

Aserrío con sierra de cadena y guías incorporadas

Cuando no hace falta una producción abundante, las sierras de cadena son útiles para la transformación de las trozas y presentan la ventaja de ser portátiles y de costo inicial bajo.

Las sierras de cadena deberían tener por lo menos 10 hp, y se recomienda el empleo de cadenas astilladoras porque son más fáciles de afilar. La tensión debe mantenerse y tanto la barra como la cadena han de estar bien lubricadas. Una barra dentada favorece el mantenimiento de un alto régimen de la cadena. La sierra es fija y la troza se introduce lentamente.

Hojas de sierra para la transformación de los troncos

En el aserrío de los troncos de cocotero, como ocurre con cualquier otra especie, la hoja de la sierra es el instrumento utilizado para reducir la troza a madera aserrada. Si una especie determinada presenta alguna particularidad (dureza, fibra irregular, abrasividad, etc.) deberá cambiarse la hoja de sierra o alterarse la velocidad de corta. Las particularidades de la madera de cocotero son su naturaleza abrasiva y la extrema dureza de los haces de fibras en los troncos maduros.

Por consiguiente, no resulta práctico ni económico utilizar las sierras planas normales, ya que después de unas pocas cortas quedan completamente embotadas. Es necesario que el diente de la sierra tenga un revestimiento duro, si se quiere aserrar los troncos del cocotero económicamente. Existen varios materiales adecuados para la superficie dura del diente de la sierra, cada uno de los cuales tiene su propio método de aplicación y necesidades de mantenimiento.

Los materiales utilizados hasta ahora son el carburo de tungsteno, en sus diversas calidades, así como diversas calidades de estelita, soldadura de tungsteno, tungtech, carbitrono, acero de alta velocidad y acero endurecido de alta frecuencia.



Sierra de dientes de carburo de tungsteno.

Carburo de tungsteno

El revestimiento de la punta de los dientes de la sierra con carburo de tungsteno es el medio más adecuado para subsanar el desgaste excesivo de los dientes o el embotamiento. Las puntas de carburo de tungsteno se fabrican en la forma y dimensiones adecuadas para encajar exactamente en los dientes de la sierra. La forma y dimensiones finales para el uso requerido se establecen afilando el diente ya instalado en la hoja de la sierra.

Aunque el carburo de tungsteno se ha utilizado con éxito en sierras de banda y su utilización en sierras bra-ceras no plantearía ningún problema (a condición de que hubiera una distancia suficiente entre las puntas), de ordinario se emplea en las sierras circulares.

El empleo de carburo de tungsteno no es un método económico para las sierras de banda por el número de puntas requerido, el tipo de equipo necesario para el servicio de estas sierras, y el tiempo y los conocimientos técnicos que se necesitan para su adecuado mantenimiento.

Es preciso una considerable habilidad técnica para el mantenimiento de las sierras circulares con dientes de carburo de tungsteno. Es esencial un equipo de precisión relativamente costoso para el afilado, con muelas abrasivas de diamante. Hace falta un taller que disponga de todas las piezas de la sierra, lo que excluye el mantenimiento de la sierra *in situ*. El procedimiento práctico más conocido sobre el terreno es el de una única muela afiladora para el afilado facial de carburo. La muela afiladora deberá ser un aparato de precisión, con ruedas de diamante. El afilado facial puede efectuarse sólo dos o tres veces, debiéndose enviar después la sierra al taller central para que allí sea objeto de un servicio completo.

Existen varias calidades de carburo de tungsteno, desde el material blando y poco resistente al desgaste, pero sólido, hasta el material más duro y resistente al desgaste, pero frágil. La mayoría de los carburos de tungsteno tienen una base de cobalto; algunos, sin embargo, tienen una base de níquel. Se sabe que el níquel resiste mejor a la corrosión, y es más sólido y fácil de ajustar en la hoja de la sierra. La calidad normal de carburo utilizado en los dientes de la sierra es ISO K20 o su equivalente, pero para cortar la madera de coco puede utilizarse también el grado de dureza inmediatamente superior, ISO K30.

La preparación de las sierras para el embutido con tungsteno, y la instalación de las puntas de manera que encajen con precisión en los dientes previamente afilados de la sierra, requieren habilidad técnica y una escrupulosa atención al detalle. De modo análogo, el afilado final para lograr un filo óptimo de corte exige conocimientos y habilidad técnica, y un equipo de buena calidad. Las muelas de carburo de sílice pueden utilizarse para el afilado inicial, pero para el acabado es esencial una muela de diamante.

Los principios básicos de la utilización y el mantenimiento de sierras de carburo pueden resumirse como sigue:

- a) La limpieza es extremadamente importante.
- b) El carburo es frágil y debe manejarse con cuidado.
- c) No debe hacerse un corte demasiado largo, ya que podría causar fisuras en el carburo. El corte máximo recomendado es de 1,3 mm por diente.
- d) El ángulo de afilado debe mantenerse por lo menos en 45° para asegurar una punta fuerte del diente.
- e) Debe seleccionarse la muela de diamante que mejor se adapte al afilado. El afilado debe hacerse con extremo cuidado.
- f) Las muelas de diamante son costosas y sólo deben utilizarse en máquinas de afilado de precisión.
- g) El carburo requiere una gran precisión en el afilado final. Los ángulos faciales, laterales y traseros deben afilarse en máquinas afiladoras de precisión.
- h) La operación debe correr a cargo de personal debidamente capacitado.

Estelita (aleación de tungsteno y cobalto)

Como ocurre con el carburo de tungsteno, existen diversas calidades de estelita, desde las más blandas y sólidas hasta las más duras y quebradizas. El proceso de fabricación de carburo de tungsteno requiere que todos los elementos, incluido el diente de la sierra, tengan una forma parecida a su forma final desde comienzos del proceso, fijándose después en el lugar operacional por otro medio, como puede ser un soldante de plata. En cambio, la estelita se encuentra en barras y puede fusionarse directamente, con fusión térmica, en el metal de base.

Por consiguiente la estelita es idónea para cualquier tipo de sierra, incluidas las sierras de banda. Se utiliza mucho para cortar maderas duras de naturaleza abrasiva. La estelita de calidad 6, que se identifica por la punta roja, es la más comúnmente utilizada en los dientes de sierra.

El cobáldo 3, que es un material similar con diferente nombre comercial, da también resultados bastante satisfactorios. Un nuevo material comercializado por Eutectic, con el nombre de Eutecbor 9 000, se ha difundido mucho y ha dado resultados muy positivos. El principal motivo de su boga es lo fácil que es de aplicar al metal de base, y su elevada resistencia al desgaste y a los impactos.

Existen puntas prefabricadas de estelita para sierras, que pueden fijarse en la sierra con un soldante de plata. Sin embargo, estas puntas son más caras que las de carburo.

Método de aplicación de la estelita

Existen tres métodos principales de aplicar la estelita al diente de la sierra:

- a) Puede dejarse caer una gota de estelita fundida en el bloque de estampar.
- b) Puede fundirse una gran cantidad de estelita en la punta del diente de la sierra, afilándose después ligeramente. A continuación se da forma a la estelita con un molde, de manera que tenga un aspecto similar al de la punta estampada y triscada.
- c) Puede vertirse estelita fundida en un molde de cerámica en torno a la punta del diente. Esto permite obtener una punta acabada similar a la descrita en el punto b.

El procedimiento habitual para afilar las sierras de punta de estelita consiste en afilar en primer lugar la cara y la parte posterior, y a continuación amolar los lados del triscador con una máquina igualadora. Este procedimiento se aplica principalmente porque el tamaño de la punta acabada es más fácil de controlar si el afilado lateral se realiza en último término. Al afilar la cara y la parte posterior del diente, hay que procurar que el dedo alimentador no se apoye en la capa de estelita.

Es frecuente ver aserraderos que utilizan las sierras de estelita hasta que las puntas acaban redondeándose y embotándose. En la mayoría de los casos será preferible cambiar la sierra antes de llegar a este punto. Ello

permitirá ahorrar tiempo en el afilado de la sierra. La estelita permite un mayor número de afilados. Las puntas más afiladas facilitan el corte, reduciéndose por consiguiente el volumen de madera desperdiciada, y alargándose la vida de la sierra.

Con las sierras de banda, la tendencia a prolongar excesivamente la utilización antes de volver a afilar la sierra (sobre todo con maderas más blandas) da lugar con frecuencia a fisuras, ya que el metal se fatiga.

En el presente trabajo no se dan detalles de los métodos de formación y afilados de las puntas de estelita. Con todo, hay que decir que es menester una considerable habilidad técnica y el empleo de equipo de precisión para que la sierra dé resultados satisfactorios. Por este motivo, la mayor parte de los aserraderos pequeños que se dedican a la corta de la madera de coco prefieren las sierras circulares con dientes insertados, que son más resistentes y de mantenimiento más fácil mediante el afilado facial, y pueden sustituirse con facilidad y rapidez cuando están excesivamente gastadas. Hasta ahora el diente insertado que ha dado resultados más satisfactorios en la corta de la madera de coco es el diente de estelita. Se trata de un diente normal de acero al carbono con un revestimiento de estelita en la punta y en los lados, de un grosor aproximado de 1 a 2 mm. Su resistencia al desgaste es considerable. Sólo es necesario el afilado facial; el limado no es posible. El mejor afilado se consigue con una afiladora manual redonda, retirándose la sierra de la cabria. Debe hacerse un buen acabado, con ángulos precisos y cuadrando la cara. En pequeños aserraderos de madera de coco se han utilizado afiladoras portátiles que se ajustan a la hoja de la sierra, pero ninguna de ellas parece adecuada para mantener un buen filo cortante.

Tungtech

El tungtech es un polvo que se aplica para endurecer la superficie de cualquier metal de base. La aleación contiene partículas de tungsteno y se aplica con un soplete especial de oxiacetileno a la superficie del metal de base, calentado previamente. La llama hace gotear la aleación sobre la superficie del material. Hasta ahora este procedimiento sólo se ha empleado a título experimental, habiendo dado resultados positivos con sierras circulares de mayor calibre. Esta operación tiene que efectuarse con un cuidado y una habilidad especiales, ya que una aplicación incorrecta del calor daría lugar a la fusión y el redondeo del filo cortante.

Como el revestimiento de tungtech es bastante delgado, incluso un afilado ligero lo eliminaría. Por consiguiente, debe aplicarse al diente después del afilado.

A continuación se aplica una capa delgada a la cara del diente, y se afila de nuevo la parte posterior del diente para obtener un filo cortante sin eliminar el revestimiento duro de la cara.

Carbitrono

El carbitrono es un procedimiento consistente en la aplicación por chispa de carburo de tungsteno y carburo de titanio a la superficie del diente de la sierra. Un electrodo de esos materiales, que se mantiene en la máquina eléctrica que lleva a cabo este método de revestimiento, se aplica a la superficie del diente por vibración. La vibración establece e interrumpe el contacto, causando chispas que transfieren el carburo fundido al diente. El grosor de la capa depositada no ha de rebasar los 0,07 mm. Por esta causa el método no da resultados completamente satisfactorios, ya que en algunas especies los ácidos de la madera actúan debajo de la capa, corroyéndola y haciéndola desprenderse. Sin embargo, según algunos ensayos, parece ser que este procedimiento multiplica por cinco veces o más la vida útil del diente.

Acero de alta velocidad

Con este material pueden fabricarse dientes insertados en la sierra. Al igual que con los dientes de estelita, los dientes de acero de alta velocidad deben utilizarse para la corta de especies que el acero de carbono ordinario no corta con eficacia, si bien en la corta de la madera del cocotero no resisten tanto al desgaste como los primeros, ni son tan económicos.

Eliminación de desechos

Los desechos o subproductos de la tala y el aserrío de los cocoteros pueden constituir un problema de eliminación, o un recurso adicional en potencia. La consideración más importante con respecto a la remoción de los troncos y otros desechos de las plantaciones de cocoteros es el aspecto fitosanitario, es decir, la amenaza potencial de plagas en las plantaciones recién establecidas. Las trozas podridas y otros desechos en descomposición son un caldo de cultivo ideal para las dos plagas principales del cocotero, el escarabajo del coco, *Oryctes rhinoceros* y el gorgojo de la palma, *Rhynchophorus schach* (Oliv.).

El procedimiento más barato y seguro para resolver el problema planteado por la eliminación de los desechos del aserrío es la quema. Las rollizas descartadas, generalmente de la parte superior del tronco, más blanda, pueden cortarse en trozos de aproximadamente 50 cm, partirse y apilarse hasta que se sequen parcialmente. A continuación pueden quemarse, o utilizarse como combustible (carbón, gas, leña). Las frondas de palma y el palmito, que es el capullo delicadamente carnoso de la corona del árbol, son útiles subproductos si se organiza su recolección y colocación en el mercado.

Capítulo 5

Clasificación de la madera de coco

La clasificación de la madera de coco en densidades baja, media y alta es importante, ya que las diferentes calidades tienen usos finales distintos. La madera de densidades mezcladas es más vulnerable al reviro y a la degradación.

La clasificación debe efectuarse al inicio de la extracción, continuándose a lo largo del proceso de transformación en madera aserrada.

El desarrollo de una norma uniforme de clasificación contribuirá a promover la comercialización local y las exportaciones.

La madera puede clasificarse visualmente o con técnicas más elaboradas. Un sencillo sistema de clasificación por colores permite registrar las calidades.

Control de calidad, principalmente para la exportación

En el curso de la investigación y desarrollo de productos para el mercado del coco, se ha demostrado que ningún importador de los países considerados está dispuesto a comprometerse a comprar grandes volúmenes de madera de coco si no se garantiza la calidad del material y fiabilidad del suministro. Asimismo, conviene establecer una clasificación uniforme en los diversos países productores.

Cuando un país considera el establecimiento de una industria de aserrío y elaboración de la madera de coco, ha de pensar en un control general que baste para coordinar las normas de calidad. Este control no debe obstaculizar un manejo eficiente, sino que debe mirar a proteger y promover los intereses del país, la industria del coco y sus clientes. Una norma de calidad aplicable proporciona dicho control.

Sistema de identificación

El mantenimiento de la calidad de la madera de coco no es una cuestión simplemente de inspección y clasificación en el punto de venta o exportación. Debido a la alta variación de las densidades en cada troza, y la dificultad de diferenciarlas con una inspección superficial después del aserrío, es esencial que la clasificación y la identificación de la madera de las diferentes partes de una troza, y de las diferentes trozas del árbol, se lleve a cabo en las plantaciones en el momento de la tala. Se ha elaborado y ensayado ya un sistema de clasificación de esta clase, consistente en la clasificación por colores de los pies de las trozas inmediatamente después de la tala y la corta longitudinal, con lo cual las marcas de los colores permanecen en cada madera después de que las trozas han sido aserradas.

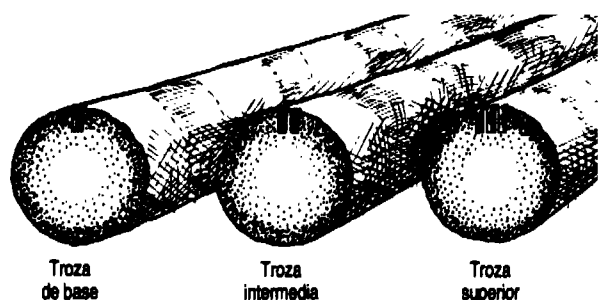


Figura 10. Marcas de identificación en las trozas hechas con una sierra de cadena.

Los principios generales de estos sistemas de clasificación son los siguientes:

Ante todo es necesario inspeccionar los árboles en pie, a fin de determinar la edad del árbol, calculada en función de la longitud de la hoja, la producción de nueces y el adelgazamiento característico del tallo debajo

de la corona. A continuación se marcan, talan y cortan longitudinalmente los árboles que reúnen las condiciones adecuadas.

Antes de la remoción debe marcarse cada troza para determinar de qué parte del árbol procede. Al aserrar transversalmente la troza, conviene hacer una muesca en las trozas de la base, dos muescas en las trozas de la parte intermedia y tres muescas en las trozas superiores (Figura 10). Cuando las trozas han sido apiladas, se pinta de diferentes colores el extremo inferior (las trozas de base en rojo, las trozas intermedias en verde y las trozas superiores en amarillo). En el otro extremo deberá pintarse una banda blanca de 70 mm de radio (Figura 11).

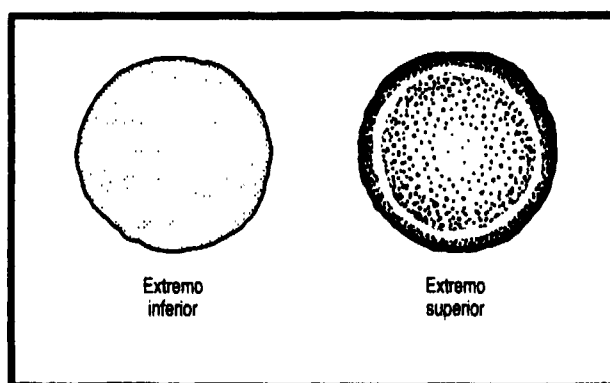


Figura 11. Clasificación por colores del pie de la troza.

Clasificación

Una vez que se ha aplicado el sistema de identificación descrito, hay que determinar las diversas calidades en relación con cada uso final.

Para el mercado local de la construcción no hará falta una clasificación más detallada, aunque debería proporcionarse información general sobre las características y el empleo adecuado de cada calidad.

Para otros tipos de construcción, que pueden estar sometidos a normas de las autoridades locales o a reglamentos de construcción, harán falta características más detalladas.

La madera debe clasificarse en calidades duras, intermedias o blandas, según sea de densidad alta, media o baja. Los límites técnicos entre las calidades son los siguientes:

- densidad alta: más de 500 kg/m³;
- densidad media: entre 500 y 350 kg/m³
- densidad baja: menos de 350 kg/m³.

Por regla general sólo la madera de coco de alta densidad puede utilizarse para la construcción de edificios.

Ejemplo de características de la madera

Las características que debe reunir la madera de coco son las siguientes:

- Tolerancia de aserrío: $-0 +2,5$ mm.
- Densidad básica mínima: 400 kg/m^3 para la densidad media, y 600 kg/m^3 para la densidad alta.
- Contenido máximo de humedad: punto de equilibrio del contenido de humedad fijado por el país proveedor.
- La madera debe estar limpia y exenta de defectos como cortezas, raíces, aplastamientos, decoloración, pudrición parda, reviros, entalladuras, franjas, rasgaduras, deformaciones, albornados u otras imperfecciones visibles.
- La madera ha de ser aserrada dentro de las ocho horas siguientes a la tala.
- La madera debe sumergirse en una solución antidecolorante inmediatamente después del aserrado.
- Después de la inmersión, la madera debe protegerse contra la lluvia.
- La madera debe transportarse inmediatamente al cobertizo de secado.
- Antes de apilar la madera, deberá volvérsela a sumergir en la solución antidecolorante. Es preferible realizar esta operación a cubierto para evitar que la lluvia pueda diluir los productos químicos.
- Dentro de las 24 horas siguientes al aserrío las maderas aserradas deberán colocarse en las planchas de secado, protegidas de la lluvia y del contacto directo con los rayos del sol.

La solución antidecolorante utilizada es una mezcla patentada de captapol y clorotalomil, manteniendo una concentración mínima de 0,4 por ciento de captapol.

Los requisitos de embalaje para la exportación de madera aserrada son los siguientes: toda la madera debe ir sujeta con bandas de acero, con listones de 75×25 mm debajo de las bandas. Los bloques han de llevar cuñas de 100×50 mm para facilitar el izado con la horquilla elevadora. Cada bloque ha de estar constituido de madera de características análogas y no exceder de 1 m^3 . Después de secar la madera hasta el punto de equilibrio del contenido de humedad, los bloques deberán protegerse contra la humedad.

Técnicas de clasificación

Las técnicas consideradas comprenden la clasificación visual, la determinación de la densidad básica y la clasificación por peso. Las verificaciones de la densidad pueden hacerse mediante la prueba de dureza de Janka.

Las calidades visuales pueden ser las siguientes:

1. Una cara limpia

- Una cara exenta de marcas o deformaciones.
- Las marcas o deformaciones pueden aparecer hasta el punto intermedio de distancia (transversalmente) de la cara limpia.
- Puede haber una mancha uniforme en la cara limpia, pero de una superficie total inferior al 2 por ciento de la cara, y en superficies aisladas de menos de $0,5 \text{ cm}^2$.
- No debe haber ninguna mancha fibrosa.
- Se aceptan longitudes de un mínimo de 1 m.

2. Ambas caras limpias

- Ausencia de marcas o deformaciones en ambas caras.
- Todos los lados han de ser de cuatro cantos.
- Manchas como las descritas en el punto 1 en ambas caras.
- Longitudes como las descritas en el punto 1.

Utilización

- Se admiten deformaciones (albornado) hasta la mitad del canto y la mitad de una cara.
- Se admiten marcas en todo el canto, pero de una anchura no superior a una cuarta parte de la cara; o en toda la cara pero no más de un tercio del canto.
- Se admite cualquier proporción de manchas duras en las trozas de densidad media y alta, y en una superficie del 20 por ciento en cualquier cara de las trozas de densidad blanda.
- Se admiten manchas fibrosas hasta en un 5 por ciento de la superficie de cualquier cara.



Derrumbamiento en maderas de baja densidad.

Clasificación con arreglo a la densidad básica

La densidad básica de una pieza de madera de coco es una información muy útil para la clasificación y el uso de la madera. Se entiende por densidad básica el peso de una muestra secada al horno, dividida por su volumen en verde. Este procedimiento es relativamente sencillo y sirve para verificar la calidad de un envío.

La densidad está estrechamente relacionada con la dureza, que puede medirse con la prueba de Janka. Esta prueba consiste en medir la presión requerida para comprimir una bola de metal de diámetro uniforme, a una distancia determinada, en una muestra de madera. Los ensayos realizados con madera de la zona periférica de trozas de cocoteros de Tonga mostraron una resistencia media de 10 950 newtons radialmente y de 10 800 newtons tangencialmente, con un contenido de humedad del 12 por ciento. Las cifras correspondientes a los otros tipos de madera son los siguientes:

	Resistencia radial (N)	Resistencia tangencial (N)
Roble europeo	5 050	5 550
Roble norteamericano	5 600	6 250
Teca	5 050	5 550
Tawa	6 300	7 100
Rimu	2 850	3 550
Sapele	5 600	6 250
Pino radiata	2 250	2 800
Kwila	8 050	8 900

De las cifras se desprende que la madera de coco es de una dureza muy superior.

Apariencia

La madera de coco tiene un aspecto muy distintivo. La fibra es fuerte e irregular, de manera que la textura es variable. Se aprecia también una considerable variación de color, a veces relacionada con la densidad (la madera más densa es más oscura). Se ha observado que hay dos variedades de árbol, una que produce madera muy oscura y otra que produce madera más



Las calidades de madera densas son suficientemente fuertes para la construcción.

clara. Ello permite por lo tanto ofrecer una gama de calidades de distinto color para la fabricación de muebles u objetos de decoración, por lo que a veces conviene clasificar la madera en colores durante la elaboración.

Capítulo 6

Secado de la madera de coco

La madera aserrada de coco se seca fácilmente en tableros de 25 mm, pero los tamaños más gruesos tardan mucho más en secarse.

La degradación no es grave, aparte del derrumbamiento en el material de densidad básica 16, de menos de 350 kg/m³.

La madera aserrada debe clasificarse según la densidad, antes del secado.

Secado al aire libre

El contenido de humedad de la madera aserrada de coco va del 90 al 180 por ciento. El peligro de que se produzca decoloración y moho con el secado al aire libre es muy grande; por este motivo, antes de apilar la madera, conviene sumergirla en un producto químico adecuado, o tratarla con un rociador. Además, es preciso proteger a la madera de la lluvia, y el secado por aire debe realizarse a cubierto, en un cobertizo abierto por los lados.

Los tableros de 25 mm pasan del estado verde al punto de equilibrio del contenido de humedad (17 a 20 por ciento) en nueve a diez semanas, mientras que los tableros de 50 mm pueden necesitar seis meses o más.



Apilado de la madera para el secado al aire libre.

Secado de los postes

Como la madera de coco tiene un elevado contenido de humedad y es muy vulnerable a la infección de hongos, es necesario un cuidado especial en el secado de las rollizas antes de aplicar el tratamiento de conservación. El descortezamiento es esencial y el material debe almacenarse en cobertizos o en lugares a cubierto de la lluvia, que estén bien aireados.

Secado en horno

El Servicio Forestal del Instituto de Investigación Forestal de Nueva Zelanda ha recomendado el siguiente programa de secado en horno, sobre la base de material procedente de Tonga.

Material de 25 mm

Contenido de humedad ¹	Temperatura del termómetro seco	Temperatura del termómetro húmedo
Verde	60 °C (140 °F)	54 °C (150 °F)
100	60 °C (140 °F)	51 °C (125 °F)
60	71 °C (160 °F)	60 °C (140 °F)
Acondicionamiento final	77 °C (170 °F)	276 °C (168 °F)

¹ Contenido medio de humedad de dos tableros de muestra con el contenido más elevado de humedad. — ² 4 horas.

El tiempo de secado es de seis a siete días en un almacén comercial.

Material de 50 mm

Se recomienda un secado preliminar por aire hasta alcanzar un contenido de humedad del 25 al 30 por ciento, ya que las piezas de 50 mm no pueden secarse bien en horno cuando están en estado verde. El secado puede llevar de cinco a seis días, con el siguiente programa:

Contenido de humedad	Temperatura del termómetro seco	Temperatura del termómetro húmedo
30	60 °C (140 °F)	54 °C (130 °F)
25	66 °C (150 °F)	57 °C (135 °F)
20	66 °C (150 °F)	70 °C (158 °F)
Acondicionamiento final	71 °C (160 °F)	170 °C (158 °F)

¹ 8 horas.

Las calidades más densas de maderas no presentan un considerable diferencial de contracción, de manera que la tendencia a la deformación no es acusada. Los torcimientos o reviros son más habituales que los curvamientos o las combaduras.

El derrumbamiento es la degradación más frecuente del secado, aumentando progresivamente por debajo de una densidad básica de unos 350 kg/m³, a cuyo nivel la madera puede no ser recuperable. Con material más denso, el reacondicionamiento después del secado permite una buena recuperación de los efectos del derrumbamiento.

Capítulo 7

Conservación de la madera de coco

La madera de coco en contacto con el suelo o con el agua debe ser objeto de un tratamiento de conservación si se quiere que dure más de unos pocos años.

La madera de coco para usos interiores, como los muebles, los revestimientos de los suelos o los paneles de pared, no necesita por lo general un tratamiento con agentes de conservación, aunque en algunos ambientes la madera (sobre todo la de baja densidad) debe ser objeto de un tratamiento contra los termites y otros insectos perforadores de la madera.

Previo un secado suficiente, la madera de coco puede someterse al tratamiento de presión a vacío, con agentes de conservación a base de cobre-cromo-arsenato. La madera aserrada puede utilizarse como recubrimiento con tablillas solapadas y elementos de balcones; las rollizas se emplean como pilares de construcción, y los cuartos de rolliza como postes o pilares de fines varios.

Del tratamiento y exposición del material en ensayos operacionales se infiere que la madera que no está en contacto con el suelo puede tener una vida activa de 20 años, y las rollizas que están en contacto con el suelo de 15 años, por lo menos.

La madera de coco en contacto con el suelo o el agua necesita un tratamiento de conservación si se quiere que dure más de unos pocos años. La madera de coco para interiores, como muebles, revestimientos de suelos o paneles de pared, no necesita por lo general el tratamiento con agentes de conservación, aunque en algunos ambientes la madera (sobre todo la de baja densidad) debe ser objeto de un tratamiento contra los termitas y otros perforadores de la madera.

En algunos ambientes todas las clases de maderas aserradas necesitan el tratamiento contra los insectos.

Es posible que algunas utilidades de la madera al aire libre no requieran un tratamiento completo. La conservación puede venir determinada por las normas y procedimientos de la construcción local, o por la duración exigida. Las casas hechas con madera de cocotero que han sido pintadas con un agente de conservación duran más que las viviendas techadas de menor calidad. La economía local puede condicionar el tratamiento de conservación y la duración del edificio.

Es preferible, y más factible, evitar el contacto con el suelo estableciendo una separación impermeable entre los fundamentos de la casa y la madera.

Las normas sanitarias y la reglamentación oficial relativa al empleo de agentes de conservación con ingredientes tóxicos constituyen otro elemento que debe tenerse en cuenta cuando se considere la viabilidad de los diferentes tipos del tratamiento de conservación.

Los postes que soportan cargas, como las vallas o los postes de tendido eléctrico, requieren un nivel más perfeccionado de tratamiento. La madera de coco puede utilizarse en los interiores sin recibir tratamiento. Los insectos no constituyen una grave amenaza para la madera seca.

Cuando la madera está al aire libre, pero no en contacto con el suelo, hace falta una cierta protección. El tratamiento de presión con cobre-cromo-arseniato para retenciones intermedias (de 5 a 10 kg de sales comerciales/m³) da excelentes resultados. El procedimiento consistente en pintar la madera seca con creosota o naftenato de cobre ofrece una buena protección, pero el tratamiento ha de repetirse cada tres o cuatro años. El tratamiento previo de la superficie con sales inorgánicas (por ejemplo, cromato ácido de cobre al 12 por ciento), seguido por una o dos capas de emulsión de látex, proporciona una superficie satisfactoria y duradera.

Las necesidades de conservación de la madera que está en contacto con el suelo, como los postes y pilares, no se han resuelto todavía, y hay que realizar más

ensayos controlados antes de que pueda hacerse una evaluación fidedigna del mejor tratamiento de la madera de coco en esta situación. Lo más importante parece ser asegurarse absolutamente de que la madera no sufra infección de hongos entre la tala y el tratamiento final (McQuire, 1979b).

La madera de tronco de cocotero no es muy susceptible a los ataques de los insectos perforadores, y un tratamiento de protección climático es suficiente. Si es necesario proteger la madera contra los insectos, el mejor procedimiento es el de difusión con boro.

La madera de coco expuesta al aire o en contacto con el suelo es perecedera y un tratamiento de conservación es esencial para ella. El descortezamiento de las rollizas y los postes es una tarea muy difícil, pero es indispensable para el tratamiento tradicional a presión, o por el sistema del baño caliente y frío. La madera debe haberse secado al aire, por lo menos parcialmente, antes del tratamiento, y esta operación ha de hacerse a cubierto. Si las partes externas están bien secadas, el sistema de baño caliente y frío permite una retención y distribución satisfactoria de la creosota, y lo propio puede decirse del procedimiento de presión a vacío, con el cobre-cromo-arsenato.

El desplazamiento a presión de la savia en las trozas no descortezadas no ha resultado viable (McQuire, 1977).

Técnicas de conservación a base de aceites o de agua

En general hay dos tipos de agentes de conservación de la madera, a saber, los agentes basados en aceites, como la creosota y el pentaclorofenol, y los agentes salinos hídricos, como el cobre-cromo-arsenato.

Un aceite negro o pardo, derivado de la destilación del alquitrán de hulla o de la creosota del alquitrán de hulla, es eficaz para la conservación de la madera, pero su color, y el hecho de que la madera tratada con creosota no puede pintarse bien, hacen que este agente no sea adecuado para la madera acabada cuya apariencia es importante. Además, la madera tratada con creosota despiden un olor desagradable. Sin embargo, la creosota de alquitrán de hulla puede dar resultados satisfactorios en los tratamientos de los postes de cercados y los pilones para la construcción de viviendas baratas, que se utilizan externamente y están en contacto con el suelo.

El agente de conservación consistente en una solución de pentaclorofenol contiene de ordinario una solución al 5 por ciento de fenoles clorinados en un solvente de gas de petróleo licuado. El aceite pesado permanece largo tiempo en la madera y no suele proporcionar una superficie limpia o que se pueda pintar. Las soluciones de pentaclorofenol acostumbran a aplicarse a las maderas de uso externo.

Los agentes de conservación de cobre-cromo-arseniato son altamente solubles en el agua. Este producto se vende en el mercado con nombres comerciales como Tanalith C, Boliden K33, Celcure AP. En la actualidad estos agentes son los preferidos y suscitan una mayor aceptación que la creosota de alquitrán de hulla y el pentaclorofenol, porque el tratamiento con los

primeros deja una madera limpia, que puede pintarse y no despiden un olor desagradable. Además, el alquitrán de hulla y el pentaclorofenol son más caros que los agentes de conservación a base de agua. Sin embargo, el CCA no es apto para el tratamiento de las tejas, cuando el tejado sirve para retener agua de lluvia.

Preparación de la madera antes del tratamiento

Toda la madera de coco que debe ser objeto de tratamiento ha de estar exenta de defectos, si se quiere que el tratamiento sea satisfactorio y los resultados posteriores también. El tratamiento por difusión con agentes hídricos de conservación, puede aplicarse a la madera recién aserrada, y facilita el movimiento de la solución de la madera. Con otros métodos es esencial secar la madera antes de aplicar el tratamiento. El secado previo al tratamiento permite una penetración suficiente y una distribución uniforme, y reduce el riesgo de que se produzcan grietas, con la exposición consiguiente de la madera no tratada.

Asimismo, es de gran importancia que todos los procesos de maquinado se lleven a cabo antes del tratamiento. Estos son la incisión de la madera para mejorar la penetración del agente de conservación y las operaciones mecánicas como el cepillado, la corta y la perforación.

Es preciso descortezar las rollizas de madera de coco para acelerar el secado. La corteza retrasa considerablemente la eliminación de la humedad de la parte

interna de la madera, prolongando la operación de secado y aumentando los riesgos de pudrición e infestaciones de insectos en la troza. En las condiciones existentes en Zamboanga, el secado al aire libre de las rollizas descortezadas ha de durar no menos de tres a cuatro meses, si se quiere un buen tratamiento de conservación.

Métodos de tratamiento

El tratamiento de conservación de la madera puede hacerse o no a presión. No es probable que pueda aplicarse un procedimiento a presión en zonas rurales, para las cuales hay otros métodos, relativamente sencillos, que pueden adaptarse fácilmente a las condiciones locales.

Tratamiento con brocha (pintado)

El tratamiento con brocha es el método más sencillo de aplicar el agente de conservación a la madera. Para el tratamiento de la madera seca puede emplearse un mínimo de pentaclorofenol o de cobre-cromo-arsenato al 5 por ciento. Pueden aplicarse de una a tres capas, según la sequedad de la madera. Sin embargo, en la mayoría de los casos se recomienda que la madera tratada con este método se destine solamente a uso interno.

Descortezamiento de postes.



Impregnación

La impregnación en frío de la madera de coco bien secada suele permitir una penetración y retención del agente de conservación mejores que los que se consiguen con el sistema de la brocha. La madera se empapa en una solución del 3 al 5 por ciento de cobre-cromo-arsenato de una a ocho horas, según el uso al que se destine. El material tratado con este método es apto para la construcción.

Baño caliente y frío

El proceso del baño caliente y frío consiste en el calentamiento en aceite pesado de la creosota de alquitrán de hulla, o el pentaclorofenol, sumergiéndose totalmente el material durante la aplicación del tratamiento. La madera se calienta con el agente de conservación en una cisterna abierta durante varias horas, e inmediatamente después se sumerge en un agente de conservación frío durante un número por lo menos igual de horas. Con la madera de cocotero bien secada, un baño caliente de dos o tres horas seguido de un baño frío de igual o mayor duración parece ser suficiente. Sin embargo, es preferible un período más prolongado, sobre todo durante el calentamiento, para garantizar que el agente de conservación penetre suficientemente en la madera. Durante el baño caliente (a unos 100 °C) el aire de la madera se contrae, creando así un vacío parcial, y la solución de conservación se introduce en la madera.

Un doble proceso de difusión, utilizando un agente hídrico de conservación, consiste en la inmersión de la madera en una solución de sulfato de cobre que a continuación se calienta a unos 80 °C durante tres a seis horas, y se enfría durante la noche. A continuación el material se sumerge en una mezcla de proporciones iguales de dicromato de sodio frío y una solución de pentóxido de arsénico durante uno o dos días. La penetración y retención del agente de conservación

son adecuadas para el tratamiento de los postes de tendido eléctrico y cercados. La solución de sulfato de cobre es sumamente corrosiva para el metal, por lo que la cisterna debe ser de acero inoxidable.

En el Instituto de Investigación Forestal de Nueva Zelanda se han ideado otros tratamientos de conservación a base de soluciones de amoníaco y de amonio para precipitar los productos químicos de la madera; estos tratamientos se están ensayando actualmente en Zamboanga. El objetivo de estas investigaciones es encontrar un tratamiento seguro y económico para reducir el peligro de pudrición.

La planta puede ser una unidad normal de vacío/presión instalada en una ubicación permanente. Los programas utilizados para esta técnica ofrecen un alto nivel de protección (Hickson's Timber Impregnation Co (NZ) Ltd, 1980).

Las trozas deben cortarse a la longitud del poste y descortezarse o aserrarse lo antes posible después de la tala. Una vez que se ha llegado a la forma en que se efectuará el secado, la madera debe ser objeto de un tratamiento profiláctico con un buen fungicida. La inmersión es preferible al rociado, pero si el rociado es la única posibilidad, debe procurarse efectuar un recubrimiento completo. Hay indicaciones de que la mejor mezcla química es la de captafol (0,4 por ciento a.i.) más clorotalonil (0,5 por ciento a.i.).

Las pilas de secado deben erigirse con cuidado. El lugar debe ser alto, bien avenado, limpio de vegetación y abierto al sol y al viento. Los postes sujetadores deben ser de cemento o de una madera adecuadamente tratada, y de una altura mínima de 500 mm. Las pilas deben protegerse con cubiertas más amplias, en todas las direcciones, hasta una distancia igual por lo menos a una cuarta parte de la altura de la pila. La madera debe apilarse al abierto utilizando listones de madera tratada, o, en el caso de los postes, en forma de estructuras abiertas que permitan circular libremente el aire. Las pilas deben marcarse indicando la fecha de erección, y el material ha de permanecer apilado durante un período de 5 a 24 semanas, según que se trate de madera aserrada, cuartos o rollizas.

Programa de secado y conservación

Utilización	Material	Tamaño	Período de secado	Solución concentrada (comCCA)	Vacío inicial (-85 kPA 25 in)	Presión (1 400 kPA) (200 psi)	Vacío final (-85 kPA) 25 in)	Absorción mínima (l/m ³)
Al aire libre ¹	Madera aserrada	25 mm de grosor	5 semanas	2%	20 min	45 min	10 min	250-350 ²
Al aire libre ¹	Madera aserrada	50 mm de grosor	10 semanas	2% ³	20 min	60 min	10 min	250-350 ²
En contacto con el suelo	Postes	Cuartos	12 semanas	6%	30 min	120 min	10 min	200
En contacto con el suelo	Postes	Rollizas	16-24 semanas	6%	30 min	120 min	10 min	200

¹ Al aire libre, pero no en contacto con el suelo. — ² Según la densidad, por ejemplo, un mínimo de 250 l/m³ para la madera dura de alta densidad. — ³ Para los elementos estructurales o de alto valor, se recomiendan soluciones a la concentración del 3 al 4%.

Capítulo 8

Obtención de energía de los residuos de la madera de coco

La madera de coco, especialmente la de alta densidad, produce un buen carbón. Cualquier horno de carbón u otro procedimiento es adecuado. Pero un sistema basado en la utilización de bidones de petróleo viejos es barato, sencillo y eficaz. La fabricación de briquetas de carbón es posible con cualquier aglomerante amiláceo, como el sorgo.

La madera de coco quema bien en la chimenea, a condición de que esté bien secada.

Con esta misma condición, la madera de coco puede utilizarse en los gasificadores.

Utilización de la madera de coco como leña

Las características combustibles de la madera de coco son parecidas a las de otras maderas, aunque la gama de densidades dentro del tallo ofrece distintos potenciales energéticos.

Menos del 20 por ciento en volumen de un tronco normal de coco puede transformarse en madera, y el resto, junto con los residuos del aserrío, es de fácil utilización en la carbonización y la producción de energía.

Fabricación de carbón

En muchas regiones rurales del Asia y el Pacífico se utiliza el tradicional horno de tierra para la transformación de troncos y residuos de coco en carbón. El método no requiere muchas inversiones en herramientas y equipo pero, debido a la falta de control del proceso de carbonización, los rendimientos son bajos y la calidad del carbón inferior.

En la actualidad se están aplicando métodos más modernos, a diversos niveles técnicos. En Zamboanga se ha construido un horno de metal portátil para la Dirección Filipina del Coco, con un diseño similar al horno fabricado por el Instituto de Productos Tropicales del Reino Unido. Los rendimientos de este horno representan por término medio una recuperación del 20 por ciento.

El análisis químico aproximado del carbón es el siguiente: carbón fijo 70 por ciento; materia combustible volátil 16 por ciento; contenido de humedad 12 por ciento; cenizas 2 por ciento.

Se han efectuado ensayos con otro horno basado en el diseño del TPI Mk IV, con un volumen de 8 m³. La principal diferencia de diseño era que, en vez de tratarse de una construcción enteramente de metal, el cilindro inferior estaba formado de dos capas de ladrillos. La capa interna era de ladrillos ignífugos revestidos de arcilla, mientras que la capa externa era de ladrillos típicos de construcción. El horno tenía ocho orificios, cuatro de los cuales estaban cubiertos con chimeneas que podían irse cambiando de abertura para establecer corrientes diversas de aire que facilitasen una quema y carbonización uniformes. El material utilizado para la carbonización fueron desechos del troceado y del aserrío.

En Tonga se construye un horno sencillo con bidones de 166,5 l. Se practica una incisión de 14 cm de ancho y 73 cm de largo en un lado del bidón. Las piezas de madera de coco se van introduciendo por este orificio, poco a poco. El horno se pone en marcha encendiendo un fuego en la parte inferior, con la abertura situada en un plano horizontal al suelo. A medida que la madera empieza a quemar, el horno bascula de manera que la abertura se desplaza gradualmente hasta la posición vertical, añadiéndose trozos de madera hasta que el horno está lleno. Cuando la madera quema bien, se coloca la tapa del bidón y se hace girar el horno hasta que la abertura está de nuevo situada de cara al suelo. El horno se mantiene cerrado hasta que se enfría.

Se han utilizado o descrito otros varios hornos fabri-



Horno de carbón del Centro de Investigación de Zamboanga.

cados con bidones, que difieren principalmente en el número y la situación de los orificios de ventilación, y por consiguiente en las técnicas de funcionamiento. Sin embargo, la determinación de la eficiencia de estos hornos es a menudo imprecisa, ya que las operaciones de producción no ofrecen una misma descripción de la naturaleza, peso y contenido de humedad de la carga inicial. Con todo, la simplicidad de este sistema (con bidones de acero en hornos de ladrillo) hace que sea apropiado cuando no está justificado utilizar sistemas más complejos.



Interior del horno de carbón del Centro de Investigación de Zamboanga.

Retortas

Las retortas se diferencian de los hornos en que la carga queda encerrada en una cámara y el calor se proporciona externamente, sin una fase inicial de combustión; la eficiencia del sistema de retorta estriba en que recicla los gases que salen de la cámara central, manteniendo la carga de madera dentro del hogar. Después

de encendido el fuego para dar inicio a la reacción, los gases se convierten en el combustible que sustenta el proceso hasta su fin. El procedimiento de fabricación de carbón necesita un insumo muy bajo de energía, y no causa contaminación. El diseño de la retorta y el proceso de combustión garantizan una calidad constante y un rendimiento más elevado. La producción de carbón industrial se efectúa con un contenido medio de carbón fijo del 80 por ciento y con un desembolso de capital que supera en muy poco al del método tradicional del horno de ladrillos.

Las retortas de carbón pueden transformar 11 t de madera en 4 t de carbón en un ciclo de 48 horas que comprende la carga, el encendido, la transformación, el enfriado, la descarga y el ensacado. Con los desechos de madera utilizados para encender la retorta, la relación de transformación de la madera en carbón es de 3,5 a 4:1 para la madera secada al aire, con un contenido de humedad del 20 al 25 por ciento.

Briquetas de carbón

El carbón producido con la madera de coco tiene un contenido menor de carbón y un contenido más elevado de cenizas que el carbón de madera (y que la cáscara de coco). Las briquetas, aunque no incrementan necesariamente el contenido de carbón, sí aumentan la densidad necesaria para las aplicaciones industriales, hasta un nivel aproximado al del coque.

Las briquetas se fabrican comprimiendo el carbón hasta formar una masa compacta y uniforme de densidad y solidez más elevadas que las del material original. Estudios realizados en Filipinas sobre la elaboración de briquetas de carbón con troncos aserrados, utilizando la harina de sorgo como aglomerante, mostraron que la relación adecuada de carbón/aglomerante era del orden de 16:1.

Carbón activado

El carbón activado puede fabricarse con carbón de madera de coco, eliminando los alquitranes hidrocarbónicos adheridos al carbón, para crear una vasta red de vasos moleculares que incrementa y mejora la capacidad de absorción del carbón. El carbón activado de cáscara de coco presenta mejores condiciones de absorción del gas y el vapor, por su elevada densidad. El carbón de madera activado de baja densidad y el carbón de tronco de coco son más aptos para la depuración líquida.

Como el carbón hecho de cáscara de coco es comparable al carbón producido de árboles densos en cuanto a la solidez estructural y el bajo contenido de cenizas, puede constituir una fuente fiable de carbón para la fabricación de diversos productos químicos, como el disulfuro de carbono, el carburo de calcio, el carburo de silicio, el cianuro de sodio, el monóxido de carbono; pigmentos de pintura; productos farmacéuticos; resinas plásticas; pólvora negra; electrodos; reactores catalizadores; revestimientos de frenos y absorbentes de cilindro de gas.

Gas de gasógeno y gasificadores

Los gasificadores operan secando la madera con calor que procede del hornillo situado en la parte inferior de un gasógeno. A medida que la madera avanza hacia el hornillo, se va convirtiendo en carbón. El carbón reacciona al aire que se introduce por diversos orificios. Con este proceso se inicia la producción básica de gas.

El gas producido pasa a través de un lecho de carbón que causa la reducción al principal gas combustible, monóxido de carbono (CO). Los subproductos de la destilación, como el alquitrán, se escinden para formar hidrógeno, y el porcentaje final de humedad de los gases pobres es el siguiente:

<i>Gas combustible</i>	Porcentaje
Monóxido de carbono	20
Hidrógeno	19
Metano	1
<i>Gas no combustible</i>	
Dióxido de carbono	9
Nitrógeno	51

De la energía térmica a la energía mecánica

5 kg de madera/hora rinden aproximadamente 6 hp/hora (motor)

5 kg de madera/hora rinden aproximadamente 4 kW/hora (usos diversos)

El hornillo es el elemento que fabrica el gas en el sistema y constituye la pieza principal del aparato. Todos los demás elementos del sistema de gasificación se construyen especialmente o son montajes de las piezas principales, para ajustarse a las necesidades propias del comprador, sean éstas de generación de calor o de combustible para motores. Cuando el gas de gasógeno va a utilizarse en operaciones caloríferas como el secado de la madera y el enfriado del gas, no es necesaria la filtración; en cambio, cuando se trata de suministrar combustible a los motores, el enfriado y la depuración del gas combustible son esenciales y hay que incorporar el equipo adecuado a la planta para obtener el resultado deseado.

Obtención de etanol de los desechos del coco

Hace miles de años que se extrae etanol de cultivos cerealícolas y azucareros. Un ejemplo bien conocido es la producción de las bebidas llamadas « toddy » y « arrack », de la savia del cocotero.

El alcohol se utiliza principalmente para beber, para fines medicinales y a veces para la producción química. El costo de la producción no se considera un problema. Sin embargo, las técnicas modernas han disminuido los costos de producción y en algunos países se extrae ya etanol de materias primas agrícolas, para usos energéticos.

Se han logrado progresos considerables en el empleo

de materiales celulósicos para la producción de etanol. Recientes ensayos de la utilización del núcleo interno blando del tronco del cocotero han dado resultados prometedores.

Sistemas de obtención de energía

La obtención de energía mecánica y eléctrica a base de madera, paja y materiales análogos se viene practicando comercialmente desde hace más de un siglo. Los sistemas primitivos se basaban en motores de combustión externa de vapor y aire caliente. Más recientemente se han utilizado motores de combustión interna, en relación con varios métodos de transformar la madera en gas combustible.

Se están estudiando otros sistemas con turbinas y motores de gas de ciclo cerrado, que en el futuro podrían ser de utilización común.

Los principales factores que limitan el empleo de madera o material leñoso como combustible para la generación de energía son de carácter más económico que técnico, y por consiguiente cualquier evaluación del potencial debe orientarse principalmente hacia la economía del sistema, teniendo en cuenta también el ahorro de divisas. Los factores económicos vienen determinados por elementos tales como los costos del combustible, costo del capital, eficiencia de la central, costos de mano de obra, etc.

El bajo costo de los combustibles petrolíferos y lo sencillo que son de utilizar fueron las principales razones de que se abandonase el empleo de combustibles sólidos a comienzos del siglo actual.

En la actualidad existen dos sistemas básicos que pueden aplicarse práctica y económicamente a la obtención de energía de la madera de coco y otros desechos leñosos. Uno consiste en la quema —con o sin gasificación— y la generación de vapor que haga funcionar motores y turbinas. El otro sistema es la gasificación directa de la madera o el carbón para producir un combustible que pueda utilizarse en los motores de combustión interna.

El grado de complejidad, los peligros para la seguridad y los costos de capital son similares en las centrales de ignición y en las centrales de gasificación. Las diferencias más importantes se dan en los índices de consumo de combustible. La gasificación obtenida directamente de la madera utiliza la mitad aproximadamente de madera que el sistema de ignición directa o la fabricación de carbón seguida por un sistema de gasificación, para producir la misma cantidad de energía. Sin embargo, el motor de vapor presenta ventajas en cuanto a simplicidad de funcionamiento y fiabilidad.

Establecimiento y funcionamiento de una central de energía

Existen muchas razones para considerar la conveniencia de obtener energía a base de madera. Antes de

iniciar un proyecto de este tipo es necesario estudiar muchos factores para asegurarse de que el proyecto será rentable y conveniente.

El costo más elevado de capital de los sistemas basados en la madera, en comparación con los sistemas diesel, da lugar a costos fijos más altos. Esto hace que sea muy importante lograr un alto nivel de utilización. Con un sistema de base maderera puede conseguirse la máxima eficacia cuando existe un suministro regular de materia prima sin una excesiva demanda estacional, y la central se destina a abastecer la demanda básica de un sistema existente; esta última condición puede planearse distribuyendo el suministro entre las centrales madereras y las centrales de diesel, de modo que el sistema opere a su nivel máximo de producción, o casi, la mayor parte del tiempo. El empleo de la central diesel se limita a épocas de demanda elevada, en las cuales se aprovecha al máximo este procedimiento para iniciar y concluir rápidamente la operación; este método permite reducir en grado considerable el consumo total de combustible diesel.



Troncos destinados a la obtención de leña.

La energía eléctrica ha de ser fiable. Muchos consumidores necesitan un abastecimiento continuo o casi continuo, para evitar pérdidas o riesgos. Por ejemplo, las cámaras frigoríficas de pescado en los puertos, los hospitales y las grandes industrias pueden verse gravemente perjudicadas por restricciones de electricidad.

Una central que opere a base de madera y que no esté conectada con otro sistema, necesitará de ordinario duplicar el equipo y contar con un motor diesel de capacidad permanente, aunque los sistemas más pequeños, como los que abastecen las aldeas, quizás no necesiten estos aditamentos.

Dado el volumen considerable del combustible maderero, es importante, al establecer la central, reducir al mínimo los costos de acceso y de transportes. Así, las centrales de energía se encuentran, por lo general, más cerca de la fuente de combustible que de los clientes que han de abastecer.

Bibliografía

- ALDAMEZ, E.L. *Cocowood utilization (at Pola Mindoro)*. Cocowood Training at Zamboanga Research Centre, Philippine Coconut Authority. 1983
- ALLISON, R.W. *Examination of parenchyma tissue in coconut kraft pulps*. Forest Products Laboratory Report FP/PP60. Rotorua, Nueva Zelanda. 1976
- ASIAN AND PACIFIC COCONUT COMMUNITY. *The Cocomunity Newsletter*. Jakarta. 1977
- ASIAN AND PACIFIC COCONUT COMMUNITY. *Report of the Cocotech Meeting*. Manila, Filipinas, 19-23 de abril. 1977
- ASIAN AND PACIFIC COCONUT COMMUNITY. *Coconut Statistical Yearbook*. Compiled and expanded by APCCC Statistics Division, Jakarta. 1981
- ASTELL, A.S. *The primary conversion of coconut stems into sawn timber*. Working document PH1/71/523. Filipinas, FAO/UNDP. 1981
- ASTELL, A.S. y RICHOLSON, J. *Bandsaw conversion of Fiji coconut palm logs. Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 351-360. 1977
- BALZER, A.H. *Chain saw trials with coconut wood. Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 346-350. 1977
- BANZON, J.A. y VELASCO, J.R. *Coconut production and utilization*. Philippine Coconut Research and Development Foundation Inc. 1982
- BAUZA, E.B., KATIGBAK, S.G., ZERRUDO, J.V. y LAURICIO, F.M. *Coconut trunks for novelty boxes*. *NSTA Technology Journal*, 3 (3): 79-83. 1983
- BECA CARTER HOLDINGS & FERNER Ltd y SCOTT, G.C. *Forest industries energy research summary*. New Zealand Energy Research and Development Committee. 1976
- BEDFORD, G.O. *Uses of virus against the coconut rhinoceros beetles in Fiji*. *Pans* 22 (1): 11-25. 1976
- BERGSENG, K. *Report on trial sawing of coconut palm logs from Tonga*. Rotorua, New Zealand Timber Industry Training Centre. 1974
- BERGSENG, K. *Machining of coconut palm wood. Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 221-226. 1977
- BERGSENG, K. *Sawing coconut stems. Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 111-132. 1977
- BERGSENG, K. *Sawmilling and machinery. Development of coconut timber use. CHOGRM Working Group on Industry Seminar*. Honiara, Islas Salomón. 1982
- BERGSENG, K. y HIGGINS, P.J. *Coconut palm sawing trials conducted in the Philippines*. Report to Ministry of Foreign Affairs, Filipinas. 1978
- BERGSENG, K. *et al. Sawmilling of coconut palm*. Unpublished Document 2332A. Rotorua, New Zealand Timber Industry Training Centre. 1983
- BISSET, J. *The kiln drying of coconut palm (Cocos nucifera)*. Division of Forest Products Report, CSIRO, Australia. 1945
- BOLLARD, A. *Coconut Wood: T-shirt and tapa cloth. A handbook for small rural business for the Pacific*. Noumea, South Pacific Commission. 1979
- BOYD, J.D. *Notes on strength of coconut palm trees as poles*. Division of Forest Products Report, CSIRO. Australia. (Inédito) 1973
- BUXTON, M.J. *Notes on the economic feasibility of the manufacture of particle board from coconut timber in Western Samoa*. Report of Tropical Products Institute, Reino Unido. 1970
- CASIN R.F., GENERALA, N.C. y TAMOLANG, F.N. *Preliminary studies on the treatment of coconut lumber with vinyl monomers. Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 413-420. 1977
- CASIN R.F. y GENERALA, N.C. *Utilisation of coconut palm timber; its significance in some developing countries in the tropics*. Filipinas, FORPRIDE Digest. 1978
- CASIN R.F. y TAMOLANG, F.N. *Seasoning characteristics of coconut lumber and poles. Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 387-392. 1977
- CENTRE FOR TECHNOLOGY DELIVERY. *Project Plan: Madera Imelda*. 1970
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/ GATT. *The parquet market in France*. Ginebra. 1970
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/ GATT. *The parquet market in Austria*. Ginebra. 1971
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/ GATT. *The parquet market in the Federal Republic of Germany*. Ginebra. 1971
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/ GATT. *The market for parquets in Italy*. Ginebra. 1971
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/ GATT. *The parquet market in the Netherlands*. Ginebra. 1971
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/ GATT. *The parquet market in the United Kingdom*. Ginebra. 1971
- CENTRO DE COMERCIO INTERNACIONAL UNCTAD/ GATT. *The changing pattern of the market for floor coverings in the Federal Republic of Germany*. Ginebra. 1977
- COMMONWEALTH HEADS OF GOVERNMENT (CHOGRM) *Regional Meeting, dic. 1982. Development of coconut timber use: Seminar Report*. CHOGRM Working Group on Industry, Honiara, Islas Salomón. 1982
- COPRA MARKETING BOARD. *Coconuts and copra*. Konedobu, Department of Information and Extension Services. Enero de 1972. Papua Nueva Guinea. 1972

- CORNELIUS, J.A. Coconuts: a review. Londres, *Tropical Science*, 1 (1). 1973
- CORTES, T.R. *Prospects of cocowood utilization in the Bicol Region 3*. Cocowood Training at Zamboanga Research Center. Philippine Coconut Authority. 1983
- COUSINS, W.J. y MEYLAN, B.A. *Longitudinal slicing of Cocos nucifera and illustrations of its anatomy*. Physics and Engineering Laboratory, (Nueva Zelandia) Department of Scientific and Industrial Research, 437 (19). 1975
- CRUZ, I.E. Producer gas from wood: its production and utilization in internal combustion engines. *NSDB Technology Journal of Philippines*. 6 (1): 29-38. 1981
- CUMBER, R.A. *The rhinoceros beetles in Western Samoa (Ecological Studies)*. Noumea, South Pacific Commission Technical Paper, 107. 1957
- CUMMINS, N.H.O. *Fuel value of wood: the calorific value of coconut palm wood*. Forest Products Laboratory Report FP/AL 4. New Zealand Forest Research Institute. (Inédito) 1973
- CHILD, D. *Coconuts*. 2ª ed. Reino Unido, Longman Group. 1974
- CHILD, D. Commercial aspects of sawmilling. Development of coconut timber use. *CHOGRM Working Group on Industry Seminar*. Honiara, Islas Salomón. 1982
- CHILD, D. The products and the market. Development of coconut timber use. *CHOGRM Working Group on Industry Seminar*. Honiara, Islas Salomón. 1982
- CHITTENDEN, A.E., FLAWS, J.L. y HAWKES, A.J. *Particle boards from coconut palm timber*. Londres, Tropical Products Institute Report G43:9: 1-5. 1969
- DANDY, A.J. y WRIGHT, C.P. *Characteristics of charcoal from coconut and mangrove*. Suva, School of Natural Resources, University of the South Pacific. (Inédito) 1977
- DECENA, A.S. *Study on the sawing characteristics of coconut (Cocos nucifera) trunk: Co-operative Project*. College, Filipinas, FORPRIDECOM Library. 1975
- DECENA, A.S. y PENID, B.J. *Production costs of coconut lumber products. 1. Treated Stone Cut*. Coconut Stem Utilisation Seminar, Proceedings, Tonga, 1976: 457-460. 1977
- DECENA, A.S. y PENID, B.J. *The economics of three lumber conversion systems for coconut trunks*. Coconut Stem Utilisation Seminar, Proceedings, Tonga, 1976: 361-370. 1977
- DE COENE, A. *A report to the government of the Philippines on a marketing study of coconut timber products*. Roma, FAO. 1981
- DE LA CRUZ, R.Z. *et al. Sawing of coconut trunks into lumber*. FORPRIDECOM Technical Note 156. 1975
- DE LA CRUZ, R.Z. y SIBAYAN, D.V. *Study on sawing characteristics of coconut trunks*. College, Filipinas, FORPRIDECOM Library Special Report. (Inédito) 1975
- DEPARTMENT OF TRADE AND INDUSTRY. Nueva Zelandia. *Cocowood utilization in the Philippines*. Reference T3/M1 51/2/12. (Inédito) 1980
- DOYLE, J. *Coconut tree survey of Tongatapu*. 1978 Nuku'alofa.
- EALA, R.C. y TAMOLANG, F.N. Exploratory study of machining properties of coconut timber. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 455-456. 1977
- EALA, R.C. y TAMOLANG, F.N. Face veneer from coconut trunk. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 470-472. 1977
- EALA, R.C. y TAMOLANG, F.N. Special treatment of 'soft' coconut timber. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 393-394. 1977
- ELAZEQUI, T.A., VILLANUEVA, E.P. y BAWAGAN, B.O. Dissolving pulp from coconut trunk (*Cocos nucifera*) chips in the Philippines. *FORPRIDE Digest*, 8 (2): 40-47. 1979
- ENDAYA, P. *Prospects of cocowood utilization in Region I*. Cocowood Training at Zamboanga Research Centre. Philippine Coconut Authority. 1983
- ESCOLANO, J.O. *et al. Offset book and wrapping papers from blends of coconut coir and abaca pulps*. 1970
- ESPILOY, E.B., Jr. *Coconut trunk for power and telecommunication poles*. College, Filipinas, FORPRIDECOM Technical Note 182. 1977
- ESPILOY, E.B., Jr. y TAMOLANG, F.N. Bending strength of full-sized coconut trunk poles. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 427-432. 1977
- ESTUDILIO, C.P. y SAN LUIS, J.M. *Charcoal briquettes from coconut (Cocos nucifera Lin.) trunk*. Progress Report 744/d. College, Filipinas, FORPRIDECOM Library. 1969
- ESTUDILIO, C.P. y SAN LUIS, J.M. Charcoal production and utilization of coconut shells and trunk in the Philippines. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 199-220. 1977
- EVANS, R.D. *Parquet flooring from coconut wood: Research Review 1*, Marzo de 1978. Hamilton, New Zealand Cocosystem Investigation Unit, Asia Pacific Research Unit and Evans (QS) Company. 1978
- EVANS, R.D. *Coconut wood: the Pacific's great untapped resource*. Enero de 1979. Wellington, Asia Pacific Research Unit. 1979
- EVANS (QS) Company. *Coconut wood parquet plant for Tonga: feasibility report*. Hamilton, Nueva Zelandia, Cocosystem Development Co. Ltd. 1978
- FAMILTON, A.K. Discussion paper on country questionnaires. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 299-318. 1977
- FAMILTON, A.K. What is happening among the coconuts? Wellington, *Asia Pacific Forum*, 4 (9). 1978
- FAMILTON, A.K. Coconut wood - 1979: the objectives. *Proceedings Coconut Wood-1979*, Manila-Zamboanga: 20-24. 1979
- FANIEL, R. *Report on the feasibility of establishing a particle board factory based on coconut wood*. Annex II. UNIDO Regional Tour Report. 1969

- FAO. *Jamaica coconut wood utilisation*. Informe preparado para el Gobierno de Jamaica. 1981
- FAO/PNUD/ONUDI. Regional coconut wood utilization training programme RAS-81-110. Training handouts coconut wood utilization. Managerial Training Course. 1983
- FIJI. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Record of a workshop on the coconut industry in Fiji held on 1-3 May 1972, at Fiji College of Agriculture*. Koronivia. 1972
- FIJI. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. *Commodity study paper: Coconuts*. (Inédito) 1973
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. *Revitalisation of copra industry: the potential utilization of coconut timber*. (Inédito) 1976
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. Brush and dip preservatives treatment of coconut weatherboarding. Fiji Information Note (a). *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 409-410. 1977
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. Mobile pressure treatment facilities. Fiji Information Note (b). *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 411-412. 1977
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. Coconut Palm wood charcoal. Fiji Information Note (c). *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 433-446. 1977
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. *Experimental coconut house*. Fiji Information Note (a). 1979
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. *Low density coconut weather-boarding brush and dip preservative treatment*. Fiji Information Note (b). 1979
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. *Thermal insulation of coconut wood*. Fiji Information Note (d). 1979
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. *Mechanical peeling of coconut palm logs*. Fiji Information Note (e). 1979
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. Treated coconut fence post. Fiji Information Note (f). 1979
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. *Mechanical splitting of coconut palm logs*. Fiji Information Note (g). 1979
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. *Parquet flooring service trials*. Fiji Information Note (i). 1979
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. *Production of coconut wood charcoal with Mark V kiln*. Fiji Information Note (l). 1979
- FIJI. DEPARTMENT OF FORESTRY. *Production of coconut wood charcoal with Tongan kiln*. Fiji Information Note (n). 1979
- FLORESCA, A.R. Bolt bearing properties of coconut palm (*Cocos nucifera* L.) timber compared with those of some Philippine woods. *FORPRIDE Digest*, 8 (2): 52-61. 1979
- FLUIDYNE, R. & D. Ltd. *Wood and crop residue fuel-gas producers*. Folleto. Auckland, Nueva Zelandia. 1979
- FORD, R.J. New Zealand Bilateral Aid - Cocostem Utilization Project, Zamboanga City, Filipinas, Oct. 1980-Dic. 1982. *Report to the Secretary*, Ministry of Foreign Affairs, Wellington, Nueva Zelandia. 1982
- FORPRIDECOM (Sin fecha). *Development of particle board on a pilot plant commercial scale using plantation and secondary wood species and agricultural fibrous waste materials v. coconut trunk and wood/coconut particle mixtures*. (Inédito)
- FORPRIDECOM (Sin fecha). *Experiments on the utilization of coconut trees as building materials and pallets*. (Inédito)
- FORPRIDECOM. *Charcoal from coconut trunk and activation of charcoal*. (Inédito) 1975
- FORPRIDECOM. *Strength related properties of green coconut trunk from Tiaong*. Quezón. (Inédito) 1975
- FORPRIDECOM. *Summary of results obtained from the study of the sawing characteristics of coconut trunks*. (Inédito) 1975
- FRANCIA, F.C. y ESCOLANO, E.U. Proximate chemical composition of the various parts of the coconut stem. *Philippine Lumberman*. 19 (7): 26-30. 1973
- FRANCIA, F.C. *Utilization of coconut trunks and its waste material*. (Inédito) 1980
- FREMOND, X. y ZILLER, R. *The coconut palm*. Berna, International Potash Institute. 1966
- GARCIA, M.L. y REYES, A.V. Exploratory tests on the natural susceptibility of coconut wood to termites. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 395-402. 1977
- GARCIA, P.A. *Prospects of coconut wood utilization in Central and Western Visayas*. Cocowood Training at Zamboanga Research Centre. Philippine Coconut Authority. 1983
- GOODWIN, J.J. *Construction of small demonstration houses using coconut timber*. Forest Products Laboratory Report TE75. Rotorua, New Zealand Forest Research Institute. (Inédito) 1977
- GOUGH, D.K. Seasoning and the seasoned recovery of timber from overmature coconut palms (*Cocos nucifera*). *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*, Tonga, 1976: 371-386. 1977
- GRIMWOOD, B.E. *Coconut palm products*. FAO Agriculture Development Paper, 99: 211-219. 1975
- GROOME, J.G. and Associates. *Small-scale power generation coconut wood and other wood wastes*. Texto preparado para la FAO. Taupo, Nueva Zelandia. 1982
- HAAS, A., KITSON, G. y GROOME, J.G. *Vanuatu's coconut stem product export markets*. Commonwealth Secretariat. (Inédito) 1982
- HANNAM, G. *Report on investigation into the North American flooring market*. Wellington, Cocostem Development Co. Ltd. (Inédito) 1978
- HASELOFF, J., MOHAMED, N.A. y SYMONS, R.H. Viroid RNAs of cadang-cadang disease of coconuts. *Nature*, 299 (5881): 316-321. 1982
- HAWKES, A.J. y ROBINSON, A.P. The utilization of coconut palm timber as an aggregate with cement. *Philippine Journal of Coconut Studies*, 4 (1): 14-26. 1979
- HERDA, P.T., Carter Indonesia/South Tree Technology Ltd. *Coconut wood utilisation in Indonesia*. Volume 1 Technical Report; Volume 2 Financial Report; Appendices. Estudio preparado para el Directorate General of Estates, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Indonesia. 1983

- HICKSON'S TIMBER IMPREGNATION CO (NZ) LTD.
1980 Recommended specifications for the treatment of coconut wood.
- HOPNER, T. Faserstoffe aus Cocos und Cycas. *Das Papier*, 11 (299): 498-500.
- HOWARD, R.C. *Utilization of coconut timber: Machining - Adding value and marketing*. Manurewa, Nueva Zelanda, Marketing Engineers Ltd. (Inédito)
- INDUSTRIES ASSISTANCE COMMISSION. *Timber and timber products and plywood and veneer*. Report, 168, 12 de mayo, Canberra, Australia.
- INDUSTRIES ASSISTANCE COMMISSION. *Furniture*. Report, 188, 27 de noviembre, Canberra, Australia.
- INDUSTRIES ASSISTANCE COMMISSION. *Draft report on wood and articles of wood*. Canberra, Australia.
- INTERNATIONAL COCONUT DEVELOPMENT ASSOCIATION. *Coconut Industries*. Trimestral, Estocolmo.
- INTERNATIONAL COIR FIBRE DEVELOPMENT ASSOCIATION. Coconut Wood. *International Coir Development Newsletter Special Issue*, 3 (2): 4-8.
- JANSEN, A.K. *Experimental boron treatment of coconut timber*. (Inédito)
- JENSEN, P. *Briefing paper: drying saw material*. 1979a Informe presentado al Meeting Coconut Wood-1979, Manila-Zamboanga. (Inédito)
- JENSEN, P. *Briefing paper: sawmilling*. Informe presentado al Meeting Coconut Wood-1979, Manila-Zamboanga. (Inédito)
- JENSEN, P. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 67-206.
- JENSEN, P. y KILLMANN, W. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 75-79, 207-240.
- JICA, Japón. *Report of an analytical survey of coconut forests in Taveuni Island of Fiji*.
- JUSON, R.A. *Machining of coconut wood*. Third 1983a PCARRD SMARC Co-ordinated review and evaluation of ongoing and completed research projects. Kabacan, Cotabato, Filipinas.
- JUSON, R.A. *Sawmilling of coconut stems*. Third 1983b PCARRD SMARC Co-ordinated review and evaluation of ongoing and completed research projects. Kabacan, Cotabato, Filipinas.
- JUSON, R.A. *Sawmilling tests on the Varteg sawmill under field conditions*. PCA-Zamboanga Research Center Research.
- JUSON, R.A. y KILLMANN, W. Drying of coconut timber. *PCA-ZRC Agricultural Annual Report*. (Inédito)
- KANDEEL, S.A.E. *Curricula for coconut wood utilization training*. PCA-Zamboanga Research Center RD-02-83.
- KANDEEL, S.A.E., CORCUERA, M. y KHERALLAH, I. 1983 *Chemical analysis of coco-wood different density groups*. PCA-Zamboanga Research Center Research Paper.
- KANDEEL, S.A.E., CORCUERA, M. KHERALLAH, I. y 1983 MADRAZO, I. *Energy from coconut (Cocos nucifera) stem wood*. Energy generation and conservation session. Forest Products Research Society 37th Annual Meeting Conference, Virginia, Estados Unidos.
- KATZER, G.R. y WARD, A.F. *The Fore furnace: a versatile biomass burner*. New Zealand Department of Scientific and Industrial Research.
- KAUL, K.N. Anatomy of plants. *Palm Bulletin*, 51. 1960 Lucknow, National Botanic Gardens.
- KILLMANN, W. Buildings and structures - Houses. 1979 *Proceedings Coconut Wood-1979*, Manila-Zamboanga: 167-687.
- KILLMANN, W. Some physical properties of the coconut palm stem. *Wood Science and Technology Journal*, 17: 167-185.
- KINNINMONTH, J.A. *Drying sawn timber of coconut*. 1974 Timber Drying Report TD1. Forest Research Institute, New Zealand Forest Service. (Inédito)
- KINNINMONTH, J.A. Drying sawn timber of coconut. 1977 *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 133-146.
- KINNINMONTH, J.A. Current state of knowledge of 1979a drying of coconut wood. *Proceedings Coconut Wood - 1979*. Manila-Zamboanga: 104-113.
- KINNINMONTH, J.A. Some physical properties of coconut 1979b wood. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 141-149.
- KLAUDITZ, W. *Investigation of coconut palm logs: potential suitability for the manufacture of particle boards*. Braunschweig, Rep. Fed. de Alemania, Institut für Holzforschung.
- KLOOT, N.H. Mechanical and physical properties of 1952 coconut palm. *Australian Journal of Applied Science*, 3 (4): 293-323.
- KLOOT, N.H. y BOLZA, E. *Properties of timbers imported into Australia*. CSIRO, Australia.
- LAURICIO, F.M. y FLORESCA, A.R. Preliminary test 1977 on the spike-holding capacity of coconut palm timber for use as rail-road sleepers. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 461-464.
- LAURICIO, F.M. y TAMOLANG, F.N. The strength and 1977 related properties of coconut trunk (*Cocos nucifera*, L.). *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 425-426.
- LAXAMANA, M.G. y TAMAYO, G.Y. Drying characteristics of coconut lumber. *Technology Journal NSDB*, 3 (3): 48-55.
- LAXAMANA, N.B. Coconut trunk and shell for activated carbon. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 447-454.
- LAXAMANA, N.B. y BAWAGAN, P.V. Charcoal production at FORPRIDECOM. *FORPRIDE Digest*, 2 (3/4): 11-14.
- LEATHER, R.I. Coconut research in Fiji. *Fiji Agricultural Journal*, 3/4 (1): 3-9.
- LEVY, C.R. The field evaluation of perusion (HPSD) 1975 process for treatment of round timber in Papua New Guinea. *Proceedings IUFRO Division S. Reunión de Abidján*.
- LEVY, C.R. *A note on insect pests of coconut wood*. 1976 (Inédito)

- LEYLAND WATSON y NOBLE/CHANDLER FRASER & 1982 LARSEN. *Feasibility study on electric power generation from wood and coconut wastes*. Estudio preparado para el Gobierno de Samoa Occidental.
- LITTLE, E.C.S. *Coconut logs for fence post trial*. 1974 Department of Agriculture, Tonga. (Inédito)
- LITTLE, E.C.S. *Report to the Government of the Philippines on coconut wood utilization*. (Inédito)
- LITTLE, E.C.S. The Minicusab kiln for rapid small-scale manufacture of charcoal from scrub, coconut wood and coconut shells. *Appropriate Technology*, 5 (1): 12-14.
- LOCKYER, R. *Coconut timber utilization manual*. Preparado para la República de Kiribati. New Zealand Bilateral Aid Programme.
- LÓPEZ, R.L. *Coconut palace*. Mabuhay, Philippine Airlines, Febrero: 43-45.
- LORENZANA, L.M.C. *Preservation of plantation grown species for poles and banana props*. Seminario patrocinado por Pacwood Inc y Hickson's Timber Preservation Pte Ltd, Filipinas.
- MACKIE, K., BURTON, R. y WHITWORTH, D. *Coconut stem wood as a substrate for wood hydrolysis: initial data*. Forest Service Forest Research Institute. (Inédito)
- MADRAZO, R. y JUSON, R. *Sawmilling tests on the mobile dimensional saw under field conditions*. PCA-Zamboanga Research Center Research Paper, RP-02-83.
- MADRAZO, R. y SULC, V. *Coconut wood utilization research at Zamboanga Research Center*. RD-01-83.
- MALAYSIAN TIMBER INDUSTRY BOARD. *The Malayan grading rules for sawn hardwood timber*. 1968 edition. Kuala Lumpur, Forest Department.
- MALCA, S. *Coconut panel board and process of making*. Philippines Patent Office Library.
- MANALO, F.D. *Prospects of cocowood utilization in Western Mindanao*. Cocowood Training at Zamboanga Research Center. Philippine Coconut Authority.
- MANAS, A.E. Tannin extraction of Philippine tannin bearing material: IV. Coconut (*Cocos nucifera* L.) coir dust. *Philippine Lumberman*, 20 (3): 26-28.
- MANAS, A.E. y TAMOLANG, F.M. Tannin content of coconut tree bark, coconut trunk and coconut trunk core. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 503.
- MANGAHAS, A.G. y LAURICIO, F.M. Coconut lumber pallets. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 465-466.
- MARTIN, J. *New insight in coconut log preservation*. 1976 Marist Training Center, Tutu, Taveuni, Fiji.
- MARTIN, J.F. New insights in the preservation of coconut timber: the Tutu insertion process. *Australian Forest Research*. 8 (3/4): 227-237.
- MCCONCHIE, D.L. Physical properties of *Cocos nucifera*. *Wood Quality Report 2*. Rotorua, New Zealand Forest Research Institute.
- MCLAUGHLAN, J.M. *Glue line shear tests on coconut palm timbers*. File Note 51/5/2. New Zealand Forest Research Institute. (Inédito)
- MCPAUL, J.W. Coconut growing in Fiji. *Bulletin* 38. 1964 Department of Agriculture, Fiji.
- MCQUIRE, A.J. Treatability of some Western Samoan 1972 timber. *Forest Products Division Report 425*. New Zealand Forest Research Institute. (Inédito)
- MCQUIRE, A.J. Report on a visit to study coconut 1975 wood utilization in the Philippines. *Travel Report 9*. New Zealand Forest Research Institute. (Inédito)
- MCQUIRE, A.J. The durability and preservative treatment of coconut palm wood. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 147-173.
- MCQUIRE, A.J. *Treatment and performance of coconut wood*. Rotorua, New Zealand Forest Research Institute. (Inédito)
- MCQUIRE, A.J. Anatomical and morphological features of the coconut palm stem in relation to its utilization as an alternative wood source. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 24-28.
- MCQUIRE, A.J. Exposure tests of treated and untreated coconut stem wood in the South Pacific. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 125-129.
- MCQUIRE, A.J. *Treatment and use of coconut stem wood*. PEACESAT, 1979, Forest Products Division, New Zealand Forest Research Institute. (Inédito)
- MCQUIRE, A.J. *Preservation requirements. Development of coconut timber use*. CHOGRM Working Group on Industry Seminar, Honiara, Islas Salomón.
- MCQUIRE, A.J. *An overview of coconut timber technology. Development of coconut timber use*. CHOGRM Working Group on Industry Seminar, Honiara, Islas Salomón.
- MCQUIRE, A.J. y CARTER, L.C. Pressure treatment of coconut wood fence posts with copper-chrome-arsenate preservatives. *Wood Preservation Report*. FP/WP 12. New Zealand Forest Research Institute. (Inédito)
- MCQUIRE, A.J. y MADRAZO, R. *Development in coconut tree utilization*. 15th Pacific Conference, Nueva Zelanda.
- MCQUIRE, A.J. y PALOMAR, R. *The treatment of coconut roof tiles or shingles with copper-chrome-arsenate preservatives*. New Zealand Timber Preservation Authority.
- MEADOWS, D.J. The coconut industry - problems and 1977 prospects. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 53-64.
- MEADOWS, D.J. The current state of coconut stem utilization from palm felling to the end-products. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 15-20.
- MEADOWS, D.J., SULE, V., PALOMAR, R. y JENSEN, 1980 P. L'utilisation du bois de cocotier. *Oléagineux*, 35 (7): 365-369.
- MEDRANO, R.N. Design, fabrication and operation of 1976 drum kilns for charcoaling coconut shells. *NSDB Technology Journal*, 1 (2): 26-35.
- MEDRANO, R.N. y LAURICIO, F.M. Specific gravity and shrinkage of coconut palm timber (*Cocos*

- nucifera* L.) in the Philippines. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 325-326.
- MENDOZA, A.M.R. Harvesting coconut stems. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 103-110.
- MENDOZA, A.M.R. The coconut replanting program and the need for coconut wood utilization. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 9-15.
- MENIADO, J.A. y LOPEL, F.R. Stem anatomy of *Cocos nucifera* L. *Coconut Stem Utilization Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 323-324.
- MEYLAN, B.A. Density variation in *Cocos nucifera*. 1978 *New Zealand Journal of Forest Science*, 8: 369-383.
- MIDDLETON, P. *Capital requirements. Development of coconut timber use*. CHOGRM Working Group on Industry Seminar, Honiara, Islas Salomón.
- MIDDLETON, P. *The need for feasibility studies. Development of coconut timber use. Development of coconut timber use*. CHOGRM Working Group on Industry Seminar, Honiara, Islas Salomón.
- MIDDLETON, P. *Value of the resource. Development of coconut timber use*. CHOGRM Working Group on Industry Seminar, Honiara, Islas Salomón.
- MILLER, W.C. Distribution of parquet flooring during 1972 1969. *USDA Forest Service Research Paper*, NEZ 18.
- MINISTRY OF FOREIGN AFFAIRS, Wellington, Nueva Zelanda. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Nuku'alofa, Tonga, 25-29 de octubre de 1976. A.K. Familton, A.J. McQuire, J.A. Kinninmonth y A.M.L. Bowles, ed.
- MOSTEIRO, A.P. Preliminary study on the treatment of coconut (*Cocos nucifera* L.) trunks and other palm species for electric power transmission poles. *Wood Preservation Report*, 6 (6): 11-14. College, Laguna, FORPRIDE-COM.
- MOSTEIRO, A.P. Machining properties of coconut 1979 wood. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 173-175.
- MOSTEIRO, A.P. Preservation of coconut palm wood 1981 for villagers in the tropics. *NSDB Technology Journal*. 8 (2): 40-47.
- MOSTEIRO, A.P. *Utilization of coconut lumber for furniture manufacture*. Philippine Council for Agriculture and Resources Research (PCARRD).
- MOSTEIRO, A.P. y CASIN, R.F. *Split coconut trunks treated by the hot and cold bath methods for use as electric transmission poles*. Progress Report. FORPRIDECOM Library. (Inédito)
- MOSTEIRO, A.P. y CASIN, R.F. Coconut timber preservation and utilization in the Philippines. 1975 *FORPRIDE Digest*: 40-52.
- MOSTEIRO, A.P. y CASIN, R.F. The preservative treatment of coconut (*Cocos nucifera* L.) palm timber for electric power and telecommunication poles. *NSDB Technology Journal*, 1 (1): 45-52.
- MOSTEIRO, A.P. y CASIN, R.F. Coconut timber preservation and utilization in the Philippines. 1979 *FORPRIDE Digest*, 5: 40-52.
- MOSTEIRO, A.P. y SIRIBAN, R.F. Coconut wood preservation in the Philippines. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 123-125.
- NAZMA, P.G., SASIDHARAN, N., BHAT, K. y GNANAHARAN, P. *A handbook of Kerala timbers*. Kerala Forest Research Institute (KFRI) Research Report, 9: 59-63.
- NEW ZEALAND FOREST RESEARCH INSTITUTE. *Can coconut produce wood as well as nuts? What is new in forest research*, 15.
- ONTALAN, L.D. *Prospects of cocowood utilization in Northeastern Mindanao*. Cocowood Training at Zamboanga Research Center. Philippine Coconut Authority.
- ORMAN, H.R. *The strength properties of coconut palm timber*. Timber Engineering Report. New Zealand Forest Research Institute. (Inédito)
- PABLO, A.A. y TAMOLANG, F.N. Panel products from 1977 coconut palm. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 479-483.
- PADDON, A.R. *Report of a visit to Fiji*. 13-19 de julio de 1978 1978. Londres, Tropical Products Institute Report R763.
- PADDON, A.R. y HARKER, A.P. Charcoal production using a transportable metal kiln. *Rural Technology Guide*, 12. Londres, Tropical Products Institute.
- PALM PACIFIC HARDWOOD, Auckland, enero de 1982. 1982 *Decorative timber flooring*.
- PALM PACIFIC HARDWOOD (Sin fecha). *The world's newest building products step right out of history*.
- PALM PACIFIC HARDWOOD (Sin fecha). *Specifications and fixing instructions for panelling brochure*.
- PALMER, E.R. *The production of activated carbon from coconut palm timber*. New Zealand Department of Scientific and Industrial Research Report CD2150.
- PALMER, E.R. y GIBBS, J.A. *Pulping trials of the wood from the trunk of coconut (Cocos nucifera)*. Londres, Tropical Products Institute Report L52.
- PALOMAR, R.N. Pressure impregnation of coconut 1979 sawn lumber for building construction material. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 129-136.
- PALOMAR, R.N. Technical information: charcoal 1979 making. *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 176-177.
- PALOMAR, R.N. Technical information on preservation. 1979 *Proceedings Coconut Wood-1979*. Manila-Zamboanga: 120-123.
- PALOMAR, R.N. *Charcoal making*. PCA-Zamboanga 1980 Research Center. (Inédito)
- PALOMAR, R.N. *Coconut wood preservation for the rural areas*. PCA-Zamboanga Research Center.
- PALOMAR, R.N. *Preservation techniques of coconut (Cocos nucifera L.) Palm timber for electric*

- power/telecommunications poles and fence posts. PCA-Zamboanga Research Center. (Inédito)
- PALOMAR, R.N. *Training on wood preservation*. PCA-1980 Zamboanga Research Center.
- PALOMAR, R.N. *The role of coconut timber utilization in national development*. PCA Workshop, 1982 Tagaytay City, Filipinas: 106-110.
- PALOMAR, R.N. y SULC, V.K. *Preservative treatment and performance of coconut palm timber*. Seminar Pacwood and Hickson's Timber Presentation Ltd, Filipinas.
- PALOMAR, R.N. y SULC, V.K. *Exposure test of surface treated sawn coconut timber*. PCA-Zamboanga Research Center, ZRC-RP-04-83.
- PANDE, J.N. A note on the preservative treatment of 1957 palmyra (*Borassus flabellifera*) and coconut (*Cocos nucifera*) palms. *Journal of Timber Dryers and Preservers Association of India*, 11 (3): 2-9.
- PARTHASARATHY, M.V. y KLOTZ, L.H. Palm wood 1976 anatomical aspects. *Wood Science and Technology*, 10 (3): 215-229.
- PARTHASARATHY, M.V. y TOMLINSON, P.B.T. Ana-1967 tomical features of metaploem in stems of *Sabul*, *Cocos* and two other palms. *American Journal of Botany*, 54 (1): 1144-1155.
- PATEL, J.S. *The coconut: a monograph*. Madras, 1938 Government Press.
- PEAT, N. *Coconut winning as a new timber source*. 1982 New Zealand Forest Industries.
- PENID, B.J. *et al. Report on the manual sawing of coconut trunk*. College, Filipinas, FORPRIDE-COM.
- PHILIPPINE COCONUT AUTHORITY. *The Philippine* 1976 *Coconut Industry*. Market Promotions Division.
- PHILIPPINE COCONUT AUTHORITY. *Preparation and* 1977 *treatment of coconut stem for fencing*. Coconut Wood Utilization Division, Zamboanga Research Center Report.
- PHILIPPINE COCONUT AUTHORITY. *Proceedings Coco-* 1979a *nut Wood - 1979*. Manila & Zamboanga, 22-27 de octubre. Reunión patrocinada por: Philippine Coconut Authority, New Zealand Ministry of Foreign Affairs, Asia and Pacific Coconut Community. A.K. Familton, A.J. McQuire, E.N. Balingasa y D.J. Meadows, ed.
- PHILIPPINE COCONUT AUTHORITY. *Research into the* 1979b *utilization of coconut wood*.
- PHILIPPINE COCONUT AUTHORITY. *The uses of coco* 1980 *timmer*. Philippine Council for Agriculture and Resources Research and Development Technology, 2 (7): 1-16.
- PHILIPPINE COCONUT AUTHORITY. *Philippine Coco-* 1981 *nut Authority 1981 Annual Report*. Quezón.
- PHILIPPINE COCONUT AUTHORITY (Sin fecha). *Spectrum of coconut products*. Quezón, Public Information Office.
- PHILIPPINE COUNCIL FOR AGRICULTURE AND 1982 RESOURCES RESEARCH AND DEVELOPMENT. Charcoal as supplementary fuel for cement production. *Technology*, 4 (5): 1-12.
- PIERIES, W.V.D. *An essay on the uses of the coconut* 1936 *palm*. Ceylon, Coconut Research Scheme.
- PIERIES, W.V.D. Rhinoceros beetle breeding in split 1938 coconut logs. *Tropical Agriculture*, 90:297.
- PIGGOT, C.J. *Coconut growing*. Oxford University 1964 Press.
- POMIER, M. *Coconut research at Rangiroa*. South 1967 Pacific Commission Technical Paper 153.
- POWELL, R. Practical uses of coconut timbers. *South* 1957 *Pacific Commission Quarterly Bulletin*.
- POWTER, A. *Papua New Guinea shake and shingle* 1976 *manual*. Port Moresby, Department of Primary Industry, Office of Forests, Forest Products Research Centre.
- PUREY-CUST, J.R. *Regional coconut wood utilization* 1983 *training programme managerial course*. Informe del representante de Tonga.
- PURSEGLOVE, J.W. *Tropical crops, monocotyledons*. 1968 Londres, Longman Group.
- RAMOS, A.N. y MICIANO, R.J. *The mechanical prop-* 1966 *erties of coconut palm*. (*Cocos nucifera* L.).
- RAMOS, A.N. y SASONDONCILLO, R.W. *Mechanical* 1971 *properties of coconut palm*. (*Cocos nucifera* L.) Los Baños, Laguna. Co-operative Progress Report. College, Filipinas, FORPRI-DECOM Library.
- REYES, E.P. *et al. Coconut charcoal briquettes*. *Philip-* 1958 *pines Journal of Science*, 87 (1): 33-36.
- REYES, G.P., Jr. *The Asian and Pacific Coconut Com-* 1982 *munity. Development of coconut timber use*. CHOGRM Working group on Industry Seminar, Honiara, Islas Salomón.
- RICH, S.U. *The marketing of timber and wood prod-* 1970 *ucts*. McGraw Hill.
- RICHARDSON, D. Coconut charcoal could fuel ships. 1981 *Pacific Islands Monthly*, mayo: 14.
- RICHOLSON, J.M. The unique properties of coconut 1979 palm wood. *South Pacific Bulletin*, 4^o trim.
- RICHOLSON, J.M. *A review of utilisation possibilities* 1980 *for over-mature coconut palm stems in Fiji*. Suva, Department of Forestry.
- RICHOLSON, J. *Charcoal from coconut timber*. Devel- 1982 *opment of coconut timber use*. CHOGRM Working Group on Industry Seminar, Honiara, Islas Salomón.
- RICHOLSON, J.M. y ALSTON, A.S. *Coconut palm wood* 1977 *charcoal, a potential source of heat energy for rural and semi-rural areas of Fiji*. Part I. Production with simple steel drum kiln. Part II. Cooking with cast concrete charcoal stove. UNESCAP Regional Workshop on Biogas and other rural energy resources, University of the South Pacific, Fiji, 20 de junio-8 de julio.
- RICHOLSON, J.M. y SWARUP, R. A brief review of the 1977 anatomy and morphology of the over-mature stem of the coconut palm (*Cocos nucifera* L.) (Part I). *Proceedings Coconut Stem Utilisation Seminar*. Tonga, 1976: 65-102.
- SALITA, A.A. *An exploratory rotary veneer cutting of* 1973 *coconut trunks*. A special project. College, Filipinas, FORPRIDECOM.
- SALITA, A.A. y TAMOLANG, F.N. Utilization of coco- 1977 nut timber residues for parquet flooring.

- Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 467-469.
- SAMPSON, H.C. *The coconut palm*. London, John 1923 Balesons, Daniela Sons Ltd.
- SAN LUIS, J.M. y BANZUELA, A.Y. A preliminary 1976 study on the production of coconut shell charcoal briquettes. FORPRIDECOM Library Project ID-76/ITD-CP-D-1.
- SAN LUIS, J.M. y ESTUDILLO, C.P. Charcoal briquet- 1976 ting - An outlet for wood and coconut trunk wastes. *FORPRIDE Digest*, V: 73-74.
- SANTIAGO, C.A. Cultivation of "Tainga ng Daga" 1983 (*Auricularia* spp.) on coconut trunks. *NSTA Technology Journal*, 8 (2): 24-27.
- SASONDONCILIO, R.S. *Mechanical properties of coco- 1975 nut palm (Cocos nucifera L.) from Los Baños, Laguna*. FORPRIDECOM Library. (Inédito)
- SEGAAR, C.F. (Sin fecha). *The tropical timber and tim- ber products market in the Netherlands*. Rotterdam, The Centre for the Promotion of Imports from Developing Countries (CBI).
- SEMANA, J.A. y BALLON, C.H. Hardboard from coco- 1977 nut trunk. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 473-477.
- SENEVIRATNE, G. *Cracking the coconut market*. Unit- 1981 ed Nations Development Forum Business Edition, 16 de febrero.
- SIBAYAN, D.V. y DECENA, A.S. Study of the sawmill- 1976 ing characteristics and recovery of coconut (*Cocos nucifera* L.) trunk. *Philippine Lumberman*, 22 (4): 15-17.
- SIRIBAN, F.R. y MATA, P.G. Stake tests of treated and 1977 untreated coconut (*Cocos nucifera* L.) *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 421-426.
- SIRIBAN, F.R. y TAMOLANG, F.N. Preliminary treat- 1977 ment of green coconut (*Cocos nucifera* L.) lumber by non-pressure methods. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 403-408.
- SMART, D.W. *Coconut palm timber for particle board*. 1974 Fletcher Timber Co Ltd, Nueva Zelandia. (Inédito)
- SOUTH PACIFIC COMMISSION. Practical uses for coco- 1957 nut timber. Noumea. *Quarterly Bulletin*, abril.
- SOUTH PACIFIC COMMISSION. *Presentation of the 190 1982 kW gas-generators feeding the public network of the commune of Bora-Bora - Operation results*. S.A. Electricité de Tahiti, ed. rev. Noumea.
- STACEY, D.L. *Report on particle board manufacture as 1970 it affects Western Samoa*. Bangkok, FAO Report.
- SUDBOROUGH, J.J. *et al.* Wood distillation. Parts 3 and 1920 4. *Journal of Indian Institute of Science*, 3 (9): 285-289, 293.
- SUDO, S. *Anatomical properties in relation to variations 1977 in density in coconut wood. Anatomy and identification*. Tokio, Wood Technology Division, Government Forestry Experimental Station. (Inédito)
- SUDO, S. *Variations in some important anatomical 1979 properties and density in the stems of coco- nut (Cocos nucifera) in relation to suitability for pulp making*. Ibaraki, Forestry and Forest Products Research Institute. (Inédito)
- SUDO, S. Variations and density in the stem of coconut 1980 palm (*Cocos nucifera* L.). *Forestry and Forest Products Research Institute Bulletin*, 312: 81-101.
- SULC, V.K. Coconut stem utilization at the Philippine 1977 Coconut Authority Research Center. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 327-345.
- SULC, V.K. *Briefing paper: design of different struc- 1979 tures in PCA Timber Utilization Division*. Informe presentado al Meeting Coconut Wood-1979, Manila-Zamboanga. (Inédito)
- SULC, V.K. *Briefing paper: grading coconut wood*. 1979 Informe presentado al Meeting Coconut Wood-1979, Manila-Zamboanga. (Inédito)
- SULC, V.K. *Briefing paper: Design and mechanical 1979 properties of coconut wood as used in PCA*. Informe presentado al Meeting Coconut Wood-1979, Manila-Zamboanga. (Inédito)
- SULC, V.K. Glossary of defects. *Proceedings Coconut 1979 Wood-1979*, Manila-Zamboanga: 98-100.
- SULC, V.K. Grading coconut wood. *Proceedings 1979 Coconut Wood-1979*, Manila-Zamboanga: 100-101.
- SULC, V.K. Coconut wood lamination. *Proceedings 1979 Coconut Wood-1979*, Manila-Zamboanga: 156-166.
- SULC, V.K. Design and mechanical property of coco- 1979 nut wood as used in PCA Zamboanga Research Center, Timber Utilization Division. *Proceedings Coconut Wood-1979*, Manila-Zamboanga.
- SULC, V.K. Technical information: possibility to use 1979 low density coconut wood for thermal insulation. *Proceedings Coconut Wood-1979*, Manila-Zamboanga: 167.
- SULC, V.K. *A report on the 1980 inspection of CCA- 1980 treated coconut electric poles and pole stubs*. PCA-Zamboanga Research Center. Filipinas. (Inédito)
- SULC, V.K. *Tonga report on coconut utilization*. 1982 Roma, FAO.
- STANDARDS ASSOCIATION OF AUSTRALIA. *Australian 1975 Standards 1975: Use of timbers in structures*.
- STANDARDS ASSOCIATION OF NEW ZEALAND. *Limited 1979 relaxation of ban on wood shingles*. News Release: 10 de diciembre.
- TAMOLANG, F.N. *Studies on the potential uses of coco- 1976 nut trunk in the Philippines*. Chemical Society of the Philippines/National Science Development Board Seminar.
- TAMOLANG, F.N. Studies on the utilization of coconut 1976 trunk and other parts in the Philippines. *Proceedings of Seminar Workshop on Coconut Industrial Research*: 144-158. Tagaytay City, Philippine Coconut Authority.
- TAMOLANG, F.N. The utilization of coconut trunk and 1976 other parts in the Philippines. *NSDB Technology Journal*, 1 (2): 36-48.
- TAMOLANG, F.N. *Utilization of coconut trunk: an eco- 1979 nomic conservation approach and a business*

- opportunity. Second World Recycling Congress, 20-22 de marzo de 1978, Manila.
- TAMOLANG, F.N. *et al.* Fiber dimensions of certain 1958 Philippine broadleaved and coniferous woods, palms and bamboos II. *TAPPI*, 41 (10): 614T-620T).
- TAMOLANG, F.N. y VALBUENA, R.R. Fiber dimen- 1960 sions of certain Philippine woods, bamboos, agriculture crops, wastes and grasses III. *TAPPI*, 43 (6): 527-534.
- TANSINSIN, L.G. Availability and process of indige- 1981 nous materials. *NSDB Technology Journal*, 6 (1): 39-47.
- TECHNOLOGY RESOURCE CENTRE. *Technical infor-* 1983 *mation on cocowood (or coco-lumber)*. Manila. (Inédito)
- THAMPAN, P.K. *Handbook on coconut palm*. 2a ed. 1982 Nueva Delhi, Mohan Pramlani, Oxford & IBH Publishing Co.
- TIMBER PROMOTION COUNCIL, Australia. *Specifying* 1980 *and ordering structural timber*. Blackburn, Technical Advisory Brochure, 1.
- TOMLINSON, P.B. *Anatomy of monocotyledons: II*. 1961 *Palmae*. Londres, Oxford University Press.
- TOMLINSON, P.B. y ZIMMERMANN, M.H. The wood of 1967 monocotyledons. Zurich, *Bulletin of the International Association of Wood Anatomists*, 2: 4-24.
- [TONGAN] COCONUT REVIEW COMMITTEE, Febrero 1982 de 1982. A review of the coconut replanting scheme and aspects of the coconut industry related to coconut production, Kingdom of Tonga. Ministry of Agriculture, Fisheries and Forests Planning Unit Technical Publication, 1/82.
- TROPICAL PRODUCTS INSTITUTE. *Postulated cost struc-* 1969 *ture for particle board plant in Western Samoa using coconut palm timber*. Londres.
- TROPICAL PRODUCTS INSTITUTE. *Interim report on the* 1978 *utilization of coconut palm timber (Cocos nucifera L.) as an aggregate with cement*. Londres (Inédito)
- TROPICAL PRODUCTS INSTITUTE. *Laboratory produc-* 1979 *tion of charcoal and charcoal briquettes from Fijian coconut palm timber*. Londres (Inédito)
- TURNER J. (Sin fecha). *Philippines mini mill operation* 1983 *at San Ramon*, ago.-sept. de 1982. Report to [New Zealand] Ministry of Foreign Affairs Aid Assignment.
- TURNER, J. *Report to the Ministry of Foreign Affairs on* 1983 *two years Bilateral Aid Assignment*, Filipinas.
- UPRICHARD, J.M. Kraft pulps from coconut stem 1977 wood (*Cocos nucifera L.*). The blending of coconut stem wood pulps with those from *Pinus* species. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 249-297.
- VANEY, J.C. *Report to the Secretary, Ministry of* 1982 *Foreign Affairs, Wellington, on assessment of the New Zealand Bilateral Aid coconut saw-mill project in Kiribati*, 13-14 de sept. de 1982. (Inédito)
- VERGARA, J. *Prospects of cocowood utilization in* 1983 *Southern Tagalog Region*. Cocowood Training at Zamboanga Research Center. Philippine Coconut Authority.
- VILLEGAS, B.M. y BUENCAMINO, J.A. *The threshold* 1982 *family income of a coconut farmer (or why it is urgent that we think short-term for the coconut farmer. In the long run he may be dead)*, Part I. Economics and Society Series B. Manila, Center for Research and Communication.
- WALFORD, G.B. *The strength of coconut palm poles*. 1974 Forest Products Division Report 488. Forest Research Institute of New Zealand. (Inédito)
- WALFORD, G.B. *Coconut wood in structures*. Over- 1979 seas Travel Report. Forest Products Division, New Zealand Forest Service. (Inédito)
- WALFORD, G.B. Structural use of coconut timber. 1979 *Proceedings Coconut Wood-1979*, Manila-Zamboanga: 150-156.
- WALFORD, G.B. y GOODWIN, K.J. *Structural proper-* 1976 *ties of green coconut timber from Fiji*. Forest Products Laboratory Report FP/TE76. Forest Research Institute of New Zealand.
- WALFORD, G.B. y ORMAN, H.R. The mechanical pro- 1977 perties of coconut timber and its design capabilities in construction. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 174-198.
- WATANABE, H. *Report of an analytical survey of coco-* 1978 *nut forest in Taveuni Island of Fiji* (Addendum). Japan Forest Technical Association.
- WESTERN SAMOA TRUST ESTATE CORPORATION. 1976 *WSTEC crop debris utilization 1976-1980*.
- YUDODIBROTO, H. *The potential use of impregnated* 1979 *coconut wood for power line poles in rural areas of Java*. International Research Group on Wood Preservation Working Group III, Preservatives and Methods of Treatment, IRG/WP/3130.
- ZERRUDO, J.V. y ESCOLANO, J.O. Coconut for paper 1976 pulp. *Coconut Stem Utilisation Seminar Proceedings*. Tonga, 1976: 493-502.
- ZIMMERMANN, M.H. y TOMLINSON, P.B. Vascular 1974 patterns in palm stems: variations of the Rhapis principle. *Journal of the Arnold Arboretum*, 55 (3): 402-424.

CUADERNOS TECNICOS DE LA FAO

ESTUDIOS FAO: MONTES

1. Manual sobre contratos de aprovechamiento de bosques en tierras públicas, 1977 (E* F* I*)
2. Planificación de carreteras forestales y sistemas de aprovechamiento, 1978 (E* F* I*)
3. Lista mundial de escuelas forestales, 1977 (E/F/I*)
- 3 Rev. 1. - Lista mundial de escuelas forestales, 1981 (E/F/I*)
4. La demanda, la oferta y el comercio de pasta y papel en el mundo
Vol. 1, 1977 (E* F* I*)
Vol. 2, 1978 (E* F* I*)
5. La comercialización de las maderas tropicales en América del Sur, 1978 (E* I*)
6. National parks planning, 1978 (E*** F* I*)
7. Actividades forestales en el desarrollo de comunidades locales, 1978 (E* F* I*)
8. Técnica de establecimiento de plantaciones forestales, 1978 (A*** C* E** F* I*)
9. Las astillas de madera: su producción y transporte, 1978 (C* E* I*)
10. Evaluación de los costos de extracción a partir de inventarios forestales en los trópicos, 1979
1. - Principios y metodología (E* F* I*)
2. - Recolección de datos y cálculos (E* F* I*)
11. Savanna afforestation in Africa, 1978 (F* I*)
12. China: forestry support for agriculture, 1978 (I*)
13. Precios de productos forestales, 1979 (E/F/I*)
14. Mountain forest roads and harvesting, 1979 (I*)
- 14 Rev. 1. - Logging and transport in steep terrain, 1985 (I*)
15. AGRIS forestal: catálogo mundial de los servicios de información y documentación, 1979 (E/F/I*)
16. China: integrated wood processing industries, 1979 (E*** F* I*)
17. Análisis económico de proyectos forestales, 1979 (E* F* I*)
- 17 Sup. 1. - Análisis económico de proyectos forestales: estudios monográficos, 1981 (E* I*)
- 17 Sup. 2. - Economic analysis of forestry projects: readings, 1980 (I*)
18. Precios de productos forestales 1960-1978, 1979 (E/F/I*)
19. Pulper and paper-making properties of fast growing plantation wood species
Vol. 1, 1980 (I***)
Vol. 2, 1980 (I***)
- 20/1. Mejora genética de árboles forestales, 1980 (E* F* I*)
- 20/2. A guide to forest seed handling, 1985 (I*)
21. Suelos de las regiones tropicales húmedas de tierras bajas - efectos causados por las especies de crecimiento rápido, 1984 (E* F* I*)
- 22/1. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento
Vol. 1 - Estimación del volumen, 1980 (E* F* I*)
- 22/2. Estimación del volumen forestal y predicción del rendimiento
Vol. 2 - Predicción del rendimiento, 1980 (E* F* I*)
23. Precios de productos forestales 1961-1980, 1981 (E/F/I*)
24. Cable logging systems, 1981 (I*)
25. Public forestry administration in Latin America, 1981 (I*)
26. La silvicultura y el desarrollo rural, 1981 (E* F* I*)
27. Manual of forest inventory, 1981 (F* I*)
28. Aserraderos pequeños y medianos en los países en desarrollo, 1982 (E* I*)
29. Productos forestales: oferta y demanda mundial 1990 y 2000, 1982 (E* I*)
30. Los recursos forestales tropicales, 1982 (E/F/I*)
31. Appropriate technology in forestry, 1982 (I*)
32. Clasificación y definiciones de los productos forestales, 1982 (A/E/F/I*)
33. La explotación maderera de bosques de montaña, 1984 (E* I*)
34. Especies frutales forestales, 1982 (E* F* I*)
35. Forestry in China, 1982 (I*)
36. Tecnología básica en operaciones forestales, 1983 (E* F* I*)
37. Conservación y desarrollo de los recursos forestales tropicales, 1983 (E* I*)
38. Precios de productos forestales 1962-1981, 1982 (E/F/I*)
39. Frame saw manual, 1982 (I*)
40. Circular saw manual, 1983 (I*)
41. Métodos simples para fabricar carbón vegetal, 1983 (E* F* I*)
42. Disponibilidades de leña en los países en desarrollo, 1983 (E* F* I*)
43. Forest revenue systems in developing countries, 1983 (I*)
- 44/1. Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos, 1984 (E* F* I*)
- 44/2. Especies forestales productoras de frutas y otros alimentos, 1985 (E* F* I*)
45. Establishing pulp and paper mills, 1983 (I*)
46. Precios de productos forestales 1963-1982, 1983 (E/F/I*)
47. Technical forestry education-design and implementation, 1984 (I*)
48. Evaluación de tierras con fines forestales, 1985 (E* I*)
49. Extracción de trozas mediante bueyes y tractores agrícolas, 1984 (E*)
50. Changes in shifting cultivation in Africa, 1984 (F* I*)
- 50/1. Changes in shifting cultivation in Africa - Seven case-studies, 1985 (I*)
- 51/1. Etudes sur les volumes et la productivité des peuplements forestiers tropicaux
1. Information forestières sèches, 1984 (F*)
- 52/1. Cost estimating in sawmilling industries: guidelines, 1984 (I*)
- 52/2. Field manual on cost estimation in sawmilling industries, 1985 (I*)
53. Ordenación intensiva de montes para uso múltiple en Kerala, 1985 (E* I*)
54. Planificación del desarrollo forestal, 1984 (E*)
55. Ordenación forestal de los trópicos para uso múltiple e intensivo, 1985 (E* F* I*)
56. Breeding poplars for disease resistance, 1985 (I*)
57. La madera de coco, 1985 (E* I*)
58. Sawdoctoring manual, 1985 (I*)
59. The ecological effects of eucalyptus, 1985 (I*)
60. Monitoring and evaluation of participatory forestry projects, 1985 (I*)
61. Precios de productos forestales 1965-1984, 1985 (E/F/I*)
62. Lista mundial de instituciones que realizan investigaciones sobre bosques y productos forestales, 1985 (E/F/I*)
63. Industrial charcoal making, 1985 (I*)
64. Tree growing by rural people, 1985 (E*)
65. Forest legislation in selected African countries, 1986 (I* F*)

Disponibilidad: Enero de 1986

A - Árabe
C - Chino
E - Español
F - Francés
I - Inglés

* Disponible
** Agotado
*** En preparación

Los Cuadernos Técnicos de la FAO pueden obtenerse en los puntos de venta autorizados de la FAO, o directamente en la Sección de Distribución y Ventas, FAO, Via delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.