



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org



19846

Distr. LIMITADA

ID/WG.525/12(SPEC.)

21 de septiembre de 1992

Original: ESPAÑOL

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial

Seminario sobre el Aprovechamiento de la Madera en
la Construcción en América Latina y el Caribe

Quito, Ecuador, 4 al 8 de noviembre de 1991

Punto 13(a) del programa

**DESARROLLO TECNOLÓGICO DE LA CONSTRUCCIÓN CON MADERA
EN EL PACTO ANDINO***

Preparado por

Christian E. Arbaiza**

* El documento ha sido reproducido sin pasar por los Servicios de Edición.

** Arquitecto y Director ejecutivo del Centro Latinoamericano de Promoción y Desarrollo de la Madera, CAMBIUM, Lima 18, Peru.

I N D I C E

	Página
1.0 RECURSOS FORESTALES EN LA SUB-REGION ANDINA	3
2.0 POTENCIAL DE LA MADERA PARA LA CONSTRUCCION	5
3.0 PROYECTOS ANDINOS DE DESARROLLO TECNOLOGICO EN EL AREA DE RECURSOS FORESTALES TROPICALES	6
3.1 Investigación Tecnológica	7
3.2 Publicaciones	8
3.3 Sistemas Constructivos	9
4.0 PROYECTO DE PROMOCION INDUSTRIAL DE LA MADERA * PARA CONSTRUCCION	9
4.1 Programa de Promoción Industrial	10
4.2 Programa de Capacitación	10
4.3 Programa de Construcciones Demostrativas Rurales	11
4.4 Programas de Construcción de Conjuntos Habitacionales	12
5.0 CONCLUSIONES	14

1.0. RECURSOS FORESTALES EN LA SUB-REGION ANDINA

En los países del Pacto Andino existen grandes bosques naturales, cuya extensión corresponde a cerca del 60% de la superficie total. Estos bosques, que abarcan principalmente las cuencas del Amazonas y del Orinoco, cubren 221.2 millones de hectáreas (Cuadro No.1) y poseen una composición florística altamente heterogénea, estimada en 2,500 especies. De ellas han sido indentificadas botánicamente una 650, aunque sólo aproximadamente 50 utilizan en la industria maderera en forma regular. Es por dicha razón que la participación del sector forestal en el Producto Bruto Interno no alcanza el 0.5% en ninguno de los países.

CUADRO No. 1

AREA DE BOSQUES TROPICALES EN LA SUB-REGION a/

PAIS	Area total de bosques (mill.ha)	% sobre superficie país	Vol.Total madera (mill.m3)	Area bosques (mill.ha)	Vol.Madera bosques productivos (mill.m3)
Bolivia	44.9	42.8	7,049	29.9	4,694
Colombia	50.0	64.0	6,000	39.5	4,740
Ecuador	12.9	83.1	1,625	10.9	1,373
Perú	65.5	65.0	11,100	43.5	7,372
Venezuela	47.9	53.5	7,185	19.2	2,880
TOTAL :	221.2		32,959	143.0	21,059

a/. Fuente: Los Recursos Forestales de la América Tropical. FAO, 1981.

Según estadísticas de la FAO, en 1984 fueron extraídos 35'523,000 m³ de madera, alrededor del 0.1% del potencial total, de los cuales aproximadamente el 80% se utilizó como combustible (Cuadro No. 2). De la madera rolliza para uso industrial (6'946,000 m³), casi el 80% se utilizó en la industria de aserrío. La mayor parte de la madera para aserrío se consume en diversas actividades relacionadas con la construcción.

CUADRO No. 2

MADERA TROPICAL EXTRAIDA EN LA SUB-REGION AÑO 1984 a/.

PAIS	MADERA ROLLIZA INDUSTRIAL		MADERA ROLLIZA COMBUSTIBLE		MADERA ROLLIZA TOTAL	
	Miles de m3	%	Miles de m3	%	Miles de m3	%
Bolivia	149	11.6	1,133	88.4	1,282	100
Colombia	2,673	15.8	14,243	84.2	16,916	100
Ecuador	2,232	27.1	5,996	72.9	8,228	100
Perú	1,256	16.1	6,519	83.9	7,775	100
Venezuela	636	48.1	686	51.9	1,322	100
TOTAL :	6,946	19.5	28,577	80.5	35,523	100

a/. Fuente: Anuario de Productos Forestales. FAO, 1984.

Se estima que el 37% de la madera que actualmente se usa como combustible en la Sub-región podría ser industrializada. Es decir, más de 10 millones y medio de metros cúbicos de madera usada ineficientemente podrían ser incorporados a procesos industriales, especialmente con el uso de técnicas para el aprovechamiento de trozas de pequeño diámetro y de otras partes del árbol.

La ineficiencia en la explotación del bosque constituye un problema de gran importancia a nivel sub-regional. En Ecuador, por ejemplo, se extraen de los bosques entre 6 y 30 m³, de madera por ha, de un total estimado en 180 m³, lo que significa una utilización que oscila entre el 3.3% y el 16.7%. En Bolivia, investigaciones recientes indican un aprovechamiento del 5%. En el Perú y en Colombia se observa porcentajes similares en la mayoría de las zonas llegando, en casos excepcionales, en áreas de explotación más tecnificada, al 25% del volumen comercial de madera por hectárea.

El bajo volumen de madera extraído se debe a que se explota selectivamente un escaso número de especies, particularmente aquellas con una alta durabilidad natural. Estas especies han sufrido un proceso de selección a través de la experiencia de los usuarios, quienes han llegado a darles usos que no siempre son los más aconsejables técnicamente. Por otro lado, el uso intensivo de pocas especies ha motivado que cada vez sean más escasas, lo que ha llevado a los productores de madera aserrada a considerar nuevas especies.

Este inmenso recurso no está siendo utilizado racionalmente para satisfacer las necesidades de la población. El desperdicio de las reservas forestales en el Pacto Andino, es actualmente un problema de grandes dimensiones. Se estima que 90% de las áreas de borque que son afectadas se destinan a la agricultura de carácter migratorio. Los árboles que se abaten para la utilización del terreno con fines de cultivo son quemados o simplemente se pudren en el sitio. Además, como los suelos no son aptos para una agricultura intensiva después de pocos años resultan inservibles y el proceso de destrucción del bosque se repite constantemente.

Las principales causas de la deforestación son la presión demográfica y la pobreza; pero la explotación forestal también contribuye al empobrecimiento del bosque. La heterogeneidad del bosque tropical y el desconocimiento de las propiedades de un gran

número de especies propician una extracción muy selectiva, orientada a la explotación de sólo unas pocas especies conocidas y en consecuencia depredante y antieconómica. En el Perú se utilizan unas 170 especies, pero sólo 9 de éstas aportan 75% del volumen que se comercializa. Por otro lado, la extracción de trozas y el aserrío no están dirigidos hacia la comercialización de la madera con fines estructurales. El abastecimiento del material es deficiente y la infraestructura existente está sub-utilizada. Aproximadamente 90% de la madera extraída se usa como leña.

Para frenar la deforestación es indispensable que la conservación y el manejo del bosque resulten económicamente más atractivos que su destrucción: "El mejor bosque de protección es un bosque de producción". Deben darse incentivos al sector forestal, considerando a la cadena de producción bosque-madera como una alternativa para el desarrollo socio-económico. Las ventajas de esta cadena productiva son importantes. En comparación con productos basados en otras materias primas, la madera requiere más mano de obra y poca inversión, es decir, demanda poco capital y proporciona muchas fuentes de trabajo. La mano de obra no necesita ser altamente calificada. La madera puede producirse con maquinaria simple y de fácil mantenimiento, sin gran consumo energético. Además, la producción es naturalmente descentralizada: el manejo del bosque y la transformación de la materia prima crean fuentes de trabajo en zonas rurales e incentivan la reintegración al campo.

En la Sub-región se registran casos de especies secundarias abundantes, con buenas características técnicas, pero que a pesar de ello tiene limitadas posibilidades de acceso al proceso industrial. Esto porque presentan deficiencias en ciertos aspectos relacionados con su uso, las mismas que no pueden ser solucionadas con el insuficiente grado de profundidad en el aporte tecnológico de los investigadores y menos con el actual acervo técnico de los usuarios. Tal es el caso de algunas maderas susceptibles a ataques biológicos, o de especies que se deforman al secarse, o de aquellas que muestran dificultad en el aserrío, para citar los casos más comunes.

Además del reducido aprovechamiento de los bosques, la situación empeora debido al bajo índice de utilización de la madaera rolliza en las plantas de transformación. El rendimiento de madera aserrada varía entre 22 y 50% del volumen en trozas, de acuerdo a las técnicas de procesamiento utilizado. Las mayores pérdidas en el aprovechamiento de la madera industrial del bosque se producen en las actividades de extracción y en las operaciones del aserrío.

Estas restricciones de uso pueden ser obviadas mediante la ejecución de trabajos integrados de investigación cuyos resultados lleguen a los usuarios en forma clara y sencilla. Igual criterio puede aplicarse para las especies que soportan usos incompatibles con sus propiedades.

2.0 POTENCIAL DE LA MADERA PARA LA CONSTRUCCION

La población actual en los 5 países del Pacto Andino es de alrededor de 85 millones de habitantes y para fines del siglo se estima un crecimiento de 40%, lo que significaría una población estimada de 119 millones de habitantes. Durante ese lapso el actual déficit de viviendas, de 4.6 millones de unidades, no solamente no podrá reducirse, sino que según cifras conservadoras aumentará a 5.7 millones de viviendas.

Por otro lado, la utilización de sólo el 1% de los bosques tropicales productivos del Pacto Andino, en ciclos de rotación de

30 años, podría representar una producción anual de 3.5 millones de m3 de madera aserrada. Esto significa que hasta el año 2000 podrían construirse alrededor de 8 millones de viviendas, es decir más que las requeridas, sin contar lo eventualmente construido con otros materiales. Más aún, con un manejo apropiado del bosque esta producción de madera podría mantenerse indefinidamente. Sin embargo, en la realidad se observa una deforestación creciente, que no tiene perspectivas inmediatas de solución, especialmente por el interés irracional de destruir el bosque para ser convertido en tierras de uso agrícola o ganadero. En la Sub-región, de cada 10 ha. de bosque afectadas 9 se queman para obtener tierras para la agricultura de carácter migratorio. Esta situación seguirá en la medida en que los beneficios económicos derivados de la utilización del bosque tropical sean menores de los que resulten de la explotación de su suelo para fines no forestales.

Considerando la experiencia en otros países y tomando en cuenta el problema habitacional existente, es indudable que el uso de la madera en la construcción representa una de las alternativas más viables, si bien no la única, para la puesta en valor del recurso forestal. Es desde esta perspectiva económica que los bosques podrían no solamente ser explotados racionalmente, sino también reforestados para evitar su desaparición.

Sin embargo, la industria maderera actual no estaría en condiciones de enfrentar una demanda de tal magnitud. El abastecimiento del material es discontinuo, limitado a sólo algunas especies. La ineficiencia de la industria y su escala casi artesanal hacen que la madera tenga un alto costo unitario, aunque esto se ve compensado por la gran eficiencia lograda en algunas aplicaciones. Otras limitaciones a la construcción con madera son el rechazo de la población urbana, debido a prejuicios respecto a su comportamiento; el escaso respaldo del sector financiero y de seguros hacia la construcción con madera; y la inexperiencia de la industria con relación a la construcción con madera de carácter permanente. En todas estas limitaciones puede reconocerse una base de desconocimiento técnico.

Para enfrentar las actuales limitaciones y lograr un uso racional y eficiente del recurso forestal son indispensables acciones de investigación, normalización y capacitación. Algunas de las actividades desarrolladas en años recientes en estas áreas se describen a continuación :

3.0 PROYECTOS ANDINOS DE DESARROLLO TECNOLÓGICO EN EL AREA DE RECURSOS FORESTALES TROPICALES. (PADT-REPORT)

Con el objeto de promover la utilización de la madera como material de construcción, particularmente de aquellas especies poco conocidas, los países del Acuerdo de Cartagena (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) iniciaron en 1975 los Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el Area de Recursos Forestales Tropicales (PADT-REPORT). Dentro de ese marco se desarrolló el Estudio Integral de la Madera para Construcción (1975-83), planeado para cubrir todo el ciclo de generación de tecnología, partiendo de la investigación y el desarrollo hasta la implementación de la producción (8).

Es importante mencionar que ese estudio tuvo antecedentes en numerosos trabajos de investigación desarrollados en universidades. Sin embargo, los PADT-REPORT significaron un aporte importante, no sólo por la magnitud del trabajo realizado y su contexto regional sino también por el particular énfasis en la aplicación de la madera con fines estructurales.

La primera etapa del Estudio Integral de la Madera para Construcción

estuvo dedicada a la investigación de propiedades tecnológicas. Esa etapa estuvo financiada por contribuciones del Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo del Canadá (CIID o IDRC) y de la Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional (CIDA). La segunda etapa, financiada por la Comunidad Económica Europea (CEE) y por el CIID, se orientó hacia las técnicas de construcción y el desarrollo de componentes y sistemas estructurales adecuados.

Como resultado de este esfuerzo conjunto y coordinado de los países andinos, se estableció una base técnica propia para el diseño de edificaciones con madera tropical, definiendo estándares de calidad, de dimensiones, propiedades y criterios de diseño y procedimientos constructivos.

3.1 Investigación Tecnológica.

En la primera etapa de los PADT-REFORT se estudiaron las propiedades de 105 maderas, que corresponden a 92 especies distintas (70 géneros, 35 familias). Para la selección de las especies se consideraron criterios tales como abundancia en el bosque (de acuerdo con los inventarios forestales disponibles), accesibilidad a las zonas de extracción, posibilidad de identificación a nivel de especie, características del árbol indicativas de aptitud para la construcción, existencia de estudios preliminares relativos a propiedades básicas, grado de comercialización y experiencia de uso en construcción.

Se llevaron a cabo más de 100,000 ensayos tecnológicos, con muestras colectadas directamente de los bosques según un riguroso muestreo aleatorio. Estos ensayos incluyeron:

- 1,500 estudios de muestras de anatomía a nivel macro y microscópico, garantizando así la correcta identificación de las especies estudiadas.
- 6,800 ensayos de propiedades físicas (contenido de humedad de las muestras; densidad en condición verde, seca al aire, anhidra y básica; contracción normal y total).
- 38,000 ensayos de propiedades mecánicas, tanto con probetas en condición verde como con probetas en condición seca al aire. Se realizaron ensayos de flexión estática, cizallamiento paralelo al grano, radial y tangencial, comprensión paralela y perpendicular al grano, tenacidad radial y tangencial, dureza y extracción de clavos en lados extremos.
- 8,000 ensayos de uniones clavadas y empernadas.
- 6,800 pruebas de secado al aire y al horno con diversos programas de secado.
- 10,400 ensayos de preservación con sustancias hidrosolubles y oleosolubles, utilizando distintos procesos.
- 42,000 ensayos de trabajabilidad (cepillado, taladrado y moldurado).

La magnitud de este esfuerzo puede apreciarse mejor si se toma en cuenta, por ejemplo, que cada ensayo de propiedades mecánicas demanda entre 6 y 20 minutos, sin considerar las actividades de colección y preparación de muestras, ni los posteriores análisis de resultados, informes y publicaciones. Los ensayos demandaron más de 500 metros cúbicos de madera. Participaron más de 200 técnicos en 12 laboratorios de los cinco países. Las Entidades de

contrapartida en el Pacto Andino fueron las siguientes :

- Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, Centro de Desarrollo Forestal, Santa Cruz, Bolivia.
- Instituto Nacional de los Recursos Naturales Renovables y del Ambiente, INDERENA, Bogotá, Colombia.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro de Investigación y Capacitación Forestal de Conocoto, Quito, Ecuador.
- Ministerio de Agricultura, Instituto Nacional Forestal y Fauna, INFOR, Lima, Perú. y
- Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Laboratorio Nacional de Productos Forestales, Mérida, Venezuela.

Durante esta primera etapa se realizaron también 3,000 ensayos de flexión con especímenes a escala natural, correspondientes a 46 distintas especies. Esto constituyó un cambio significativo en la metodología, ya que tradicionalmente los ensayos tecnológicos se limitaban a probetas pequeñas libres de defectos. Debe anotarse sin embargo que la inclusión de los "defectos" es prácticamente indispensable para un estudio apropiado de un material anisotrópico y no homogéneo como la madera.

El programa de investigación para la segunda etapa de los PADT-REFORT puso énfasis en ensayos a escala natural (10), aunque también se realizaron numerosos ensayos con probetas pequeñas. Entre los trabajos más importantes, pueden citarse estudios de la influencia de defectos en la rigidez y resistencia de elementos de madera (principalmente elementos a flexión), investigaciones relativas a los efectos de la duración de la carga en las deflexiones de vigas, ensayos de tijerales con distintas configuraciones, ensayos estáticos y dinámicos de paneles de corte (muros) con distintos tipos de revestimiento. Esta etapa de la investigación permitió afinar la regla de la clasificación para madera de calidad estructural, verificar el agrupamiento de algunas especies, comprobar la validez de diversas hipótesis para el análisis y el diseño. Aunque sólo una pequeña parte de los resultados de los ensayos ha sido publicada, las principales conclusiones han sido incorporadas en el Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino, que se menciona más adelante.

3.2 Publicaciones.

Diversas publicaciones preparadas durante la segunda etapa de los PADT-REFORT contienen información sobre resultados de los ensayos. Entre otras, pueden mencionarse:

- Descripción General y Anatómica de 105 Especies del Grupo Andino.
- Estudio de Propiedades Físicas y Mecánicas de la Madera de 104 Especies del Grupo Andino.
- Secado y Preservación de 105 Maderas del Grupo Andino.
- Influencia de Defectos en la Rigidez y Resistencia de Vigas de 5 Especies de la Sub-región Andina.

Otras publicaciones están dirigidas al proyectista o al constructor:

- Cartilla de Construcción con Madera (11).
- Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (12).
- Manual de Clasificación Visual para Madera Estructural (13).

La **Cartilla de Construcción con Madera** es un documento de carácter introductorio, más cualitativo que cuantitativo, que se refiere en términos simples a los diversos aspectos de la construcción con ese material.

Uno de los logros más importantes de los PADT-REFORT fue la publicación del **Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino**. Este manual reúne toda la información experimental desarrollada en el referido proyecto, procesada para su aplicación en el diseño o como referencia para los usuarios. El Manual está dividido en cuatro secciones:

- 1) **La Madera (Características y Propiedades de la Madera, Transformación, Secado y Preservación, La Madera como Material de Construcción).**
- 2) **Construcción con Madera (Planeamiento de la Construcción, Detalles Constructivos, Protección por Diseño).**
- 3) **Diseño Estructural (Consideraciones Generales, Diseño de Elementos a Flexión, Diseño de Elementos a Compresión, Paneles de Corte, Armaduras, Uniones), y**
- 4) **Información de Referencia (Tablas, Representación Gráfica, Glosario, Referencias).**

El **Manual de Clasificación Visual para Madera Estructural** tiene como objetivos difundir la Regla de Clasificación para Madera Estructural, servir como herramienta en su aplicación y facilitar el entrenamiento de personal especializado.

3.3. **Sistemas Constructivos.**

La tradición de construcción con madera se perdió paulatinamente desde principios del presente siglo, al imponerse en las ciudades de la Costa el uso del concreto. El progreso tecnológico sufrió un estancamiento y la obra de mano entrenada se tornó escasa. Por tal motivo fue necesario, paralelamente a la investigación del material, adaptar los sistemas estructurales y técnicas constructivas desarrollados en países donde la madera es el material tradicional para la vivienda.

Como parte del programa se edificaron unos 25 prototipos, tratando de incorporar materiales locales en la solución de los revestimientos de la estructura de madera. Estos prototipos permitieron evaluar distintas soluciones, comparar técnicas constructivas y costos.

Sobre la base de estudios relativos a crecimiento poblacional, déficit habitacional, disponibilidad de recursos forestales, mano de obra e infraestructura industrial y disponibilidad de terrenos, se desarrollaron estudios de factibilidad para 5 pequeños conjuntos habitacionales a base de madera (14). El área construida de las viviendas consideradas oscila entre 56 m² y 76 m² dependiendo de los estudios de tipología realizados en cada caso. La diferencia de costos entre una vivienda de madera y una de material convencional es todavía pequeña, insuficiente para producir un cambio en la tradición, en contraste con otros países, como Canadá o los EE.UU., donde el 80% de las viviendas están construidas a base de madera.

4.0 **PROYECTO DE PROMOCION INDUSTRIAL DE LA MADERA PARA CONSTRUCCION.**

Después de los PADT-REFORT (1975-1983), que estuvieron orientados fundamentalmente al desarrollo tecnológico (conocimientos básicos de las diferentes especies maderables, preparación de normas, publicaciones técnicas), se requerían acciones complementarias de

promoción, capacitación, racionalización y mejoramiento industrial y difusión de tecnología, así como la construcción de prototipos demostrativos. Con tal fin se desarrolló el Proyecto Sub-regional de Promoción Industrial de la Madera para Construcción (PRID-Madera).

El PRID-Madera (1984-1989), financiado por el CEE, comprendió cuatro programas: promoción industrial, capacitación, conjuntos habitacionales y construcciones demostrativas rurales. El enfoque de las cuatro áreas de trabajo correspondió al objetivo general de apoyar la construcción con madera aumentando la oferta de materia prima y personal calificado, así como la demanda de edificaciones similares a los prototipos demostrativos construidos. Esta concentración en el campo de la construcción fue correcta, considerando que constituye el principal mercado interno potencial para la madera. Es importante también destacar que los cinco países del Pacto Andino tienen bases comparables respecto a los recursos forestales, la tradición en el uso de la madera y las necesidades de vivienda; en consecuencia, fue conveniente la integración de diferentes esfuerzos en un solo programa sub-regional.

4.1 Programa de Promoción Industrial.

El objetivo específico de este programa fue transferir a la industria de procesamiento y de transformación los resultados de la etapa de investigación, fortaleciendo al sector maderero para abastecer al de la construcción.

Se realizaron 57 seminarios de carácter promocional en 29 ciudades de los cinco países, en los que participaron alrededor de 5,000 técnicos. También se prepararon ocho documentales y "spots" promocionales para la televisión.

Diversos laboratorios de investigación recibieron equipos y accesorios para complementar aquellos existentes y permitir así un mejor apoyo a la industria. Sin embargo, el número de expertos calificados es aún insuficiente; debe hacerse un esfuerzo para identificar centros de capacitación y disposición de becas en el exterior, seleccionando y promoviendo candidatos adecuados.

Se desarrollaron 13 estudios industriales y de mercado, relativos a métodos de explotación, secado y preservación e industrialización. Por otro lado, se desarrollaron normas relativas al uso de la madera como material de construcción (agrupamiento estructural, estandarización de dimensiones y clasificación visual), iniciándose programas de divulgación.

La asistencia técnica prevista para las empresas no se realizó en la forma como se planeó inicialmente; por una parte faltaron consultores y expertos calificados y, por otra, muchas empresas no fueron capaces de aprovechar la oferta de asistencia técnica y de apoyo debido a la falta de una estructura apropiada de personal y de equipamiento técnico de producción.

En el futuro se debe prestar mayor atención a acciones de motivación de los empresarios y de los usuarios con relación al uso de la madera como material de construcción. No sólo se debe fomentar e iniciar nuevas industrias, sino que aquellas existentes deben recibir un apoyo adecuado para la modernización y racionalización de sus equipos de producción, en la gestión de los expertos requeridos, en la identificación y desarrollo de nuevos productos y en la obtención de los créditos necesarios.

4.2 Programa de Capacitación.

Los objetivos de este programa fueron entrenar a personal de todo nivel en técnicas de construcción con madera y elaborar publicaciones y otros materiales para facilitar la capacitación por las instituciones nacionales.

Se realizaron 96 cursos y seminarios en 61 ciudades, con 6,500 participantes, principalmente en las áreas de diseño y construcción con madera y procesos constructivos. Se desarrollaron pasantías para más de 50 catedráticos e instructores, entrenándolos en diversas áreas como anatomía, secado y preservación, trabajabilidad, productos de madera, ensayos de laboratorio, diseño y construcción de viviendas.

Mediante los cursos y seminarios se logró informar y motivar a un gran número de profesionales. Sin embargo, esto no es suficiente; para promover realmente la construcción con madera se requiere la transferencia de tecnología a un nivel de mayor detalle. Entre los técnicos de mando medio y obreros calificados los resultados obtenidos fueron en proporción muy modestos; es indudable que las acciones de capacitación a esos grupos deberán incrementarse. Esta debe ser una tarea permanente para apoyar el desarrollo del sector y propiciar el uso eficiente de la madera como material de construcción. Sin embargo, no hay un número suficiente de instructores calificados: es indispensable incrementar este número y mejorar la preparación de los capacitadores.

La puesta a disposición del público y de las instituciones de publicaciones técnicas y material audiovisual, constituye también una herramienta necesaria para el logro de este propósito. En este aspecto, el aporte del PRID-Madera fue también muy importante. Se revisaron, prepararon y distribuyeron importantes publicaciones técnicas con un tiraje que bordea los 100,000 ejemplares, sin incluir fichas técnicas de 140 especies maderables que aún no han sido impresas y cartillas de carácter promocional. Entre las publicaciones más importantes deben mencionarse:

- Cartilla de Construcción con Madera (18,500 ejemplares).
- Manual de Clasificación Visual para Madera Estructural (8,500).
- Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino (18,000).
- Manual del Grupo Andino para la Preservación de Madera (10,000).
- Manual del Grupo Andino para el Secado de Madera (8,000).

La literatura elaborada es en su contenido de alto nivel, aunque la presentación toma en cuenta la limitada formación previa de los lectores. En un tiempo relativamente corto, algunas de estas publicaciones han sido reconocidas en América Latina como libros de texto. La distribución de estas publicaciones debe mejorarse; una divulgación masiva es posible.

Por otra parte, se prepararon seis colecciones de diapositivas para enseñanza a nivel universitario: Protección por Diseño, Construcción con el Sistema de Entramados, Construcción con el Sistema de Poste y Viga, La Madera como Material Estructural, Identificación de Defectos y Clasificación Visual para Madera Estructural y Preservación de Madera.

4.3 Programa de Construcciones Demostrativas Rurales.

Este programa tuvo como objetivo mostrar en forma práctica las posibilidades de uso de la madera en la construcción para el medio rural.

Los recursos del programa de construcciones rurales se invirtieron en la construcción de 95 edificaciones de gran valor social

agregado (11 escuelas, 3 guarderías infantiles, 1 comedor infantil, 11 postas médicas, 1 albergue para enfermos de TBC, 30 viviendas rurales, 6 centros comunales, 11 talleres, 17 galpones de uso múltiple, 2 puentes peatonales y 2 puentes vehiculares).

La combinación de objetivos sociales con la promoción de la construcción con madera resultó problemática. La selección de los prototipos demostrativos se efectuó mayormente según criterios sociales y no según criterios de promoción de la construcción con madera. Las soluciones adoptadas no fueron siempre las más adecuadas para las condiciones y usos locales. Se construyeron edificaciones con madera en condiciones muy desfavorables (difícil abastecimiento de materiales, falta de personal calificado, control inadecuado durante la ejecución). Los aspectos "ingenieriles" del uso de la madera en la construcción no fueron suficientemente explotados, con la sola excepción de algunas estructuras de puentes. Esta situación debe ser contemplada en programas futuros.

Sin embargo, los resultados fueron muy positivos. Debe anotarse que todas las organizaciones nacionales participantes están dispuestas a seguir adelante con la construcción con madera en forma más intensa. No obstante, antes debe resolverse el problema de abastecimiento de la materia prima y capacitarse la mano de obra requerida.

4.4. Programas de Construcción de Conjuntos Habitacionales.

El Programa de Conjuntos Habitacionales, se inició en 1984 y concluyó en 1989 y tuvo como objetivo la edificación de grupos de vivienda de interés social a base de madera con la finalidad de promover y transferir a los sectores productivos de la Subregión, los resultados obtenidos durante las dos primeras fases de actividades desarrolladas entre 1975 y 1983. Este programa se financió con un aporte de la CEE de aproximadamente US\$ 1'200,000, y una contribución equivalente de los países, consistente en los lotes de terreno, los gastos de urbanización y el personal de contrapartida. A su vez, las entidades de vivienda, se comprometieron a recuperar la inversión inicial y establecer un fondo rotatorio destinado a la construcción de programas similares en otras regiones del país.

Los conjuntos habitacionales estuvieron ubicados en zonas tropicales cercanas al recurso forestal y con suficiente capacidad instalada para garantizar el proceso de abastecimiento de la madera, transporte, habilitación, tratamiento, fabricación y montaje de las viviendas. En total se construyeron 180 viviendas y las ciudades elegidas fueron Santa Cruz (Bolivia), Buenaventura (Colombia), Esmeraldas (Ecuador), Pucallpa y Ciudad Constitución (Perú) y Barinas (Venezuela).

Las propuestas urbanas fueron elaboradas teniendo en cuenta la creación de entornos habitables acordes con las características climáticas del lugar, con planteamientos concebidos pensando en el peatón y con la aplicación de conceptos paisajísticos y de tratamiento de áreas verdes. La densidad bruta promedio fué de 235 hab /ha y la neta de 480 hab/ha enmarcándose dentro del concepto de alta densidad con baja altura.

Para la elaboración de la propuesta arquitectónica, fue necesario implementar previamente un marco normativo consistente en un código de construcción y una metodología de aplicación de la coordinación modular a edificaciones de madera. Igualmente se realizó una investigación tipológica, una investigación de revestimientos y la construcción de prototipos de pre-producción, esto último para familiarizar a los grupos técnicos con los sistemas y procedimientos constructivos propuestos.

Las viviendas resultantes fueron de tipo de interés social, de uso unifamiliar y con posibilidad de ser construidas hasta en 3 etapas de crecimiento. En todos los casos se contempló un diseño que incluía sala comedor, cocina, baño y mínimo 3 dormitorios, con un área construida que variaba entre 54 m² y 80 m². La ubicación de las viviendas dentro del lote fueron de dos tipos: pareadas en el caso de Esmeraldas, Yarinacocha y Buenaventura (2 pisos) y aisladas en el caso de Santa Cruz, Barinas y Ciudad Constitución (sobre pilotes).

El sistema constructivo aplicado fué el de entramado de tipo plataforma que empleaba elementos precortados con secciones y longitudes de fácil disponibilidad en el mercado maderero. Todas las viviendas se construyeron con clavos de 3" como elemento de unión principal, a excepción de los pernos de anclaje para la cimentación. Los paneles de muro y tímpanos de techo se prefabricaron sobre la losa misma de concreto o sobre mesas con plantillas ajustables. El tamaño usual de los paneles de muro fué de 2.4 x 3.0 m. con un peso máximo de 40-50 kg, lo que permitió el manipuleo en forma manual. Todos los elementos estructurales tuvieron un solo espesor de 40 mm (2") y la medida mas común utilizada en la fabricación de muros y tímpanos, fué la de 40 x 65 mm (2 x 3"), empleada en pie derechos, soleras, travesaños, puntales y cuerdas. En el entramado de techo se emplearon vigas mayormente de 40 x 165 mm (2"x7"), siendo el consumo promedio de madera de 32 pt/m² y el total de madera nominal promedio de 4.5 m³/vivienda.

En el diseño de la estructura de las viviendas se utilizó una medida modular de 600 mm que coincidió con el espaciamiento de los pie derechos y de las vigas, así como con las dimensiones de los revestimientos. Este módulo de diseño permitió reducir los desperdicios, ya que la maquinaria forestal existente en la Subregión, está calibrada en unidades de medida del sistema imperial que dimensiona las secciones y longitudes de las piezas en pulgadas y pies lineales (300 mm).

Los revestimientos de la estructura debieron satisfacer los requisitos de resistencia al fuego para uso interior y resistencia a la humedad para uso exterior. Después de una investigación de revestimientos realizada en 3 de los 5 países, se decidió el empleo de 2 variedades de bambú para Colombia y Bolivia, de la pona o chonta para el Perú y de dos tipos de malla metálica para Ecuador y Venezuela. En todos los casos, estos revestimientos llevaron dos capas de mortero cemento-arena con una proporción de mezcla de 1:4 y de 1:5 aplicadas en 2 etapas de trabajo, con la finalidad de reducir la aparición de rajaduras en el acabado final de los muros. Sólo en el caso de Venezuela se utilizó madera machihembrada para uso exterior. En el resto de las viviendas, la madera se usó en forma estructural recubierta por los mencionados revestimientos, lo que permitió ofrecer mayor seguridad y durabilidad a la vivienda, así como aumentar la aceptabilidad de los usuarios. Finalmente, es necesario señalar que toda la madera fué secada al horno y recibió tratamiento de preservación contra insectos y hongos, cumpliendo de este modo con las especificaciones técnicas mínimas para edificaciones a base de madera.

En cuanto a los costos, el valor de las viviendas fluctuó entre US\$ 5,000 y 6,000, considerando que el nivel de acabados fué superior al de modelos equivalentes de viviendas de interés social en cada país. En ningún caso el costo directo de las viviendas fué superior al de edificaciones construidas con sistemas convencionales a base de ladrillo, cemento y fierro. En promedio las viviendas de madera fueron 20% mas baratas que las convencionales en términos de costos directos. Asimismo los costos indirectos o financieros se redujeron aproximadamente 40%, en razón del menor tiempo de ejecución de las obras (en promedio 49.2 días en vez de 80.9 días requeridos para

viviendas convencionales).

Como conclusiones que merecen la pena destacarse, se puede mencionar la gran aceptación de los usuarios para este tipo de "viviendas de madera que no parecían de madera". es decir donde la madera fué utilizada en forma estructural y revestida con diversos tipos de materiales. En la práctica, se utilizó el mismo criterio que se emplea cuando el concreto, el ladrillo o el acero son revestidos y no son mostrados en forma "caravista". Esta experiencia sugiere la conveniencia por razones de costo y aceptación de los usuarios, de trabajar sistemas mixtos basados en muros de mampostería y entrepisos, techos y escaleras de madera.

De la misma manera, debemos mencionar dos tipos de inconvenientes: en algunos casos las dificultades de abastecimiento regular de la madera y en otros, la inexistencia de revestimientos industriales adecuados para viviendas de madera, factor este último, que constituye el verdadero cuello de botella para promover programas masivos de viviendas. A manera de ejemplo, imaginemos lo que ocurriría de querer construir masivamente con quincha o bahareque. Simplemente o no existe caña suficiente o su costo aumentaría por el incremento de la demanda o la oportunidad de abastecimiento sería irregular, con lo cual el proceso de "industrialización" de la construcción quedaría sin efecto.

Es necesario que se establezcan en Latinoamérica fábricas de tableros de yeso o materiales equivalentes de revestimiento, tal como existen en Méjico, Chile, Argentina, Brasil y Venezuela. Estaremos atentos a los resultados de libre comercio subregional a partir de 1992, y sus efectos en relación a la disponibilidad de nuevos materiales y accesorios para el uso adecuado de la madera como material de construcción en el Perú.

5.0 CONCLUSIONES.

A pesar de los importantes avances en los últimos 15 años, el uso de la madera como material estructural en la vivienda es todavía limitado. Para lograr un uso más eficiente de este material, se requieren numerosas acciones, entre las que se pueden mencionar:

- **Investigación.** Teniendo en cuenta la gran variedad de especies del bosque tropical, la información disponible es todavía escasa. Manteniendo el agrupamiento de especies, es urgente completar los ensayos de especies abundantes o de crecimiento rápido. Deben continuarse los estudios de revestimientos (composición, aplicación, durabilidad). También se requieren conectores más eficientes. Además es importante diseñar y desarrollar elementos estandarizados para la construcción que se puedan prefabricar (techos, puertas y ventanas, escaleras, muebles incorporados).
- **Normalización.** La estandarización de los elementos de madera debe complementarse con el Código de Construcción de Madera. Deben difundirse las normas vigentes, particularmente en el sector profesional.
- **Capacitación.** Es muy importante la formación de los profesionales de las ramas de la construcción, así como del personal técnico que colabora directamente en la edificación. Deben reforzarse los centros de documentación; editarse y distribuirse publicaciones relativas a la madera como material de construcción.
- **Abastecimiento Eficiente del Material y Base Industrial Sólida.** Este es el problema más crítico que enfrenta la construcción con madera. Alto costo y discontinuidad en el abastecimiento, limitado a sólo algunas especies. Organizando a los productores mediante centros de acopio y clasificación, consorcios de explotación y

comercialización se puede mejorar la cantidad y calidad del abastecimiento. Agregando líneas de producción de elementos y componentes para construcción, que complementen la transformación de la madera, puede hacerse la operación mas rentable. Es indispensable fomentar la reforestación. Muy importante es también el establecimiento de industrias complementarias de la construcción con madera, en la producción de revestimientos, aislamientos y conectores.

- **Incentivos al Mercado.** La industria de la construcción con madaera está en desventaja con la de materiales tradicionales. Se requieren incentivos tributarios para aquellos constructores que utilicen la madera. Deben promoverse, mediante materiales audiovisuales, las modernas técnicas que garantizan al usuario un material tratado, durable y con ventajas respecto a los materiales convencionales. Debe trabajarse para lograr un cambio de actitud en las entidades crediticias y aseguradoras.