

*Millena Sosa G.  
Investigadora  
del IDEC, FAU, UCV.*

## EL VEGETAL, ¿Material de Construcción?

### RESUMEN

El presente artículo está enmarcado en la producción de viviendas de bajo costo para el sector formal e informal, y tiene como objeto general: 'Evaluar el estado del arte en el campo de los vegetales, fibras naturales o residuos agrícolas usados como materiales de construcción, enfatizando su uso, propiedades, fabricación, nuevos procesos y futuros desarrollos'. Al inicio se reflexiona respecto a la base ideológica de las primeras investigaciones al respecto. Se establecen líneas de investigación para elementos constructivos a base de materias primas vegetales, sus características, tecnologías y posibilidades de éxito comercial. Finalmente se describen los obstáculos para introducir técnicas y materiales fabricados con materia prima vegetal. Como conclusión se cita las premisas técnico-económicas para un país antes de adoptar estos materiales.

### ABSTRACT

The present article deals with formal and informal sector low-cost housing. Its general object is to review all the researches carried out about the usage of vegetable fibres, vegetables in general and agricultural remainders as material construction and to promote their usage, properties, fabrication, new processes and future developments. At the beginning of this article, a reflection is made about the ideological bases which brought about the first investigations in this direction. The most used raw vegetable materials are classified and their technological characteristics analysed. Furthermore, the possibility of success of this line of investigation is evaluated in term of the acceptance of these materials in the non-traditional construction material market. Finally, the main obstacles and problems of introducing a new raw vegetable local construction material or technic are determined. As a conclusion technical-economical conditions for any country to meet are defined before committing in the implementation of this technics.

### INTRODUCCION

La edificación es un ensamblaje de numerosas "piezas" particulares: cada una de ellas tiene características y respuestas técnicas específicas. Esta diversidad explica la multiplicidad de materiales necesarios para la construcción.

La arquitectura tradicional utiliza materiales naturales tomados tal como se encuentran en el entorno inmediato trabajados de manera artesanal. Entre ellos, los vegetales, fibras vegetales y residuos agrícolas se han empleado para la construcción de viviendas, especialmente en el medio rural. Sin embargo, la resistencia frente a las solicitaciones climáticas de los materiales naturales, utilizados sin tratamientos particulares, son en general bastantes limitadas por lo cual su durabilidad es bastante mediocre.

La Industria aportó a la Edificación productos manufacturados simples obtenidos de la transformación de ciertas materias primas tales como: metales, vidrios, arcillas, el cemento Portland, polímeros, etc..

La aparición de estos nuevos materiales de construcción alternativos a los naturales han aportado en muchos casos mejoras a nivel del confort, a nivel de proceso o a nivel social, etc.. Así mismo, han traído con ellos la noción de **costo**: su producción implica en muchos casos la importación de la tecnología, de las materias primas o de la energía para su fabricación o en muchos casos de la importación del producto acabado. El costo de los materiales, de acuerdo a numerosos estudiosos de la materia, puede alcanzar entre el 70 y 75 % de costo total de la construcción de una vivienda <sup>1</sup> (Ver Cuadro N° 1).

**CUADRO N° 1**  
**COSTOS DE CONSTRUCCION PARA UNA VIVIENDA**

<b>Componente Constructivo</b>	<b>Materiales %</b>	<b>Mano de Obra %</b>	<b>TOTAL %</b>
Fundaciones	0,5	3,00	12,5
Paredes	17,5	5,00	22,5
Techo	17,5	5,00	22,5
Piso	8,0	2,00	10,0
Puertas y Ventanas	12,0	3,00	15,0
Plomería	8,0	2,00	10,0
Electricidad	6,0	1,50	7,5
<b>TOTAL</b>	<b>78,5</b>	<b>21,5</b>	<b>100</b>

C.F.: GOHAR (R.D.). *Development and Use of Cheap Building Material in Low-Income Housing*. Proceedings of a Symposium "Building Materias for Low Income Housing", E. & F. N. Spon, London.

A principios del siglo, para minimizar esta dificultad específica - entre otras - se comenzaron a desarrollar materiales compuestos. Estos son productos mixtos en los que las propiedades específicas de los diversos materiales que los constituyen se asocian para dar una respuesta técnica global.

En los países industrializados, los materiales compuestos permiten producir materiales nuevos de altas respuestas técnicas. Estas técnicas constructivas constituyen un mundo en constante evolución relacionado cada vez más el progreso técnico de los grandes sectores industriales: químico, mecánico, electrónico e informático. Esta innovación explica la generalización a través del mundo del concreto armado, del asbesto-cemento, de los aglomerados, etc.

Los Países en Vías de Desarrollo (PVD) tienen grandes necesidades de este tipo de productos, sin embargo, en general no tienen la capacidad económica para desarrollarlos. Así mismo, el traslado de técnicas no adaptadas al contexto socio-económico ni al medio ambiente ha ocasionado un conflicto que no puede ser ignorado en la óptica de un desarrollo armonioso

### 1. ADECUACION TECNOLOGICA

En los años setentas se produjo un movimiento internacional en favor a la "Tecnologías Apropriadas" en reacción contraria a las técnicas importadas inadaptadas al contexto de los países en vías de desarrollo. Este movimiento fomentó el empleo de los materiales locales

y el uso de procesos que redujeran en lo posible las importaciones de materiales.

La primera interrogante que surge del concepto de Tecnología Apropriada (T.A.) es el ¿para qué?, pues parece obvio, que en general todas las tecnologías son apropiadas para algo. En abstracto, el término no tiene significado a menos que esté ubicado dentro de un marco socio-económico, físico y de tiempo claramente delimitado. Al respecto, Carl Riskin expuso<sup>2</sup> que la Tecnología Apropriada es:

**"un argumento de orden general utilizado en unos casos concretos, que no puede ser aceptado o negado en sí, pero que debe ser evaluado en su contexto al igual que la velocidad del cambio deseado"**

Riskin, en el mismo artículo, nos hace notar que los factores fundamentales que deberían ser tomados en cuenta para describir una tecnología cualquiera son: las condiciones sociales o económicas que entornan esa tecnología (es decir los factores históricos, el nivel del cambio o de desarrollo, la escala o el alcance).

Esos factores constituyen el contexto de un desarrollo tecnológico, entonces:

**"para estudiar una tecnología particular, es necesario considerarla dentro de su contexto específico, al igual que para analizar una ideología política es necesario examinar su aplicación en un país particular"**<sup>3</sup>.

En síntesis, el objetivo fundamental de la T.A. es el de lograr el máximo uso social de las técnicas referidas a un área geográfica de países con características similares en

las perspectivas de sus objetivos sociales y económicos de su desarrollo. Se trataría entonces de generar tecnologías en base a un contexto teórico coherente que persigan resolver los estilos de desarrollo a partir de objetivos de política social y de una gestión adecuada del medio ambiente.

A nuestro juicio, el punto clave para el desarrollo de la T.A. es el de proponer una adecuada relación y coherencia entre la tecnología y el desarrollo económico y social del país. En efecto, como ya se dijo, las técnicas de los países desarrollados obedecen a una escala propia de valores, representando por lo tanto, un conjunto coherente de tecnologías que engloban una concepción integrada y muy particular de desarrollo.

### **1.1. Materiales de Construcción a base de materiales naturales**

El movimiento de la Tecnología Apropiada generó entre otros, numerosos experimentos y investigaciones a base materiales naturales para la producción de materiales de construcción para la vivienda de bajo costo, entre ellos: la tierra, algunos vegetales y fibras, ciertos residuos agrícolas.

Muchas de estas experimentaciones han sido efectuadas por "románticos paseistas" que deseaban un retorno a lo natural, a las construcciones tradicionales de los pueblos "en Vías de Desarrollo", muchas de estas tradiciones suplantadas desde hace largos años. Otras, las más numerosas han sido efectuadas en reconocidos laboratorio de Investigación y Desarrollo (I&D) bajo la dirección de científicos connotados. El objeto principal de la mayoría de estas investigaciones es el de incidir por medio de los materiales de construcción en la producción de Viviendas de Bajo Costo.

El término "Vivienda de Bajo Costo" no significa en ningún modo una construcción barata, más bien la posibilidad de producir, transportar y erigir materiales e instalaciones para viviendas con diferentes diseños por medio de métodos de operación eficientes, utilizando materias primas nacionales y de sencilla tecnología. Dentro de este contexto existe, a nivel mundial, consenso en virtud del cual es esencial introducir cierta dosis de industrialización en la producción de viviendas en los países en vías de desarrollo no para substituir sino para complementar formas tradicionales de construcción.

El alto déficit habitacional estimado, la premura necesaria para solucionarlo y las posibilidades de implementación de programas masivos que tiene el Estado,

convergen en la utilización de sistemas industrializados que empleando de manera racional los recursos y los materiales, optimicen la producción. Para ello, habrá de dirigirse esta industrialización hacia la explotación de recursos naturales nacionales, desestimulando los métodos basados en materia prima importada

## **2. CLASIFICACION DE LAS INVESTIGACIÓN SOBRE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN A PARTIR DE MATERIAS PRIMAS VEGETALES.**

El análisis de la bibliografía existente sobre la investigación y desarrollo de materiales de construcción a partir de materia prima vegetales, sobre todo de aquellas experiencias presentadas en coloquios internacionales, nos ha permitido establecer una clasificación de ellas de acuerdo a sus orientaciones, a saber:

### **A. Mejoramiento de Materiales y de Técnicas Tradicionales**

- Los vegetales utilizados ancestralmente como materiales de construcción poseen, generalmente, poca resistencia a los agentes climáticos y por ende una durabilidad mediocre. Razón por la cual numerosas investigaciones se han abocado a proporcionar mejoras a estos materiales con el objeto de aumentar su tiempo de vida útil.

### **B. Utilización de Materiales Tradicionales con Técnicas Nuevas**

- Se trata de la revalorización de un material tradicional en la producción de algún componente semi-acabado o por una nueva colocación en obra.

### **C. Desarrollo de Nuevos Materiales a base de Materias Primas Vegetales por medio de Técnicas Innovadoras**

- Se trata de la producción de nuevos materiales de construcción a base de materias prima vegetales o de residuos agro-industriales que puedan ser utilizados como substitutos de los materiales tradicionales.

### **2.1. Mejoramiento de Materiales y de Técnicas Tradicionales**

En este paragrafo se analizarán algunas experiencias realizadas con el objeto de mejorar las respuestas técnicas de los materiales de construcción tradicionales a fin de aumentarles su vida útil.

### 2.1.1. La Paja

La Paja es la caña de los cereales seca y separada de los granos. Dicho material así como la palma son los materiales más utilizados para techar, sobre todo en las viviendas del medio rural. Es un material poco costoso, su técnica de colocación es sencilla y bien conocida, así mismo, proporciona un buen acondicionamiento térmico y acústico. Sin embargo, ella es putrecible, inflamable y propicia el desarrollo de insectos, todo lo cual afecta su durabilidad.

Este techo es frecuentemente substituido por el de lámina metálica, ésta a su vez tiene grandes inconvenientes: la lámina, para una gran parte de los países en vías de desarrollo, es generalmente importada (a excepción de ciertos países productores de acero). El espesor corrientemente empleado las hace ser muy sensibles a la deformación. No proporcionan un buen acondicionamiento acústico ni térmico. Aunado a estos problemas de orden técnico, se suma el costo de este material sobre el presupuesto de las poblaciones de muy bajos ingresos.

Los diferentes problemas que vienen de ser expuestos han conducido a los investigadores a proporcionar ciertas mejoras al techo de paja o de palma para que se sigan empleando. Una de las soluciones propuesta ha sido la impregnación del material con ciertos productos hidrófobos, insecticidas, fungicidas así como retardadores de fuego. Tanto los productos ensayados como la técnica para su empleo son corrientes, sin embargo es evidente que su uso encarece el material.

Entre estas experiencias tenemos las siguientes:

- El **Central Building Research Institute** en Roorkee (CBRI) de la India ha desarrollado un tratamiento para ser aplicado sobre los techos de paja o palma.

El tratamiento consiste en sumergir la paja durante una hora dentro de una solución concentrada de:

<p><b>Fosfato de Di-Amonio (99,95 % en peso)</b>  <b>Fluoruro de Sodio (0,05 %)</b></p>
---

Enseguida, se exprime ligeramente para eliminarle el exceso de solución, dejándose secar al sol para proceder a su montaje en el techo. Su empleo retarda 10 minutos la toma del fuego, mientras que un techo no tratado se inflama en menos de 1 minuto.

Así mismo, es posible la aplicación de un tratamiento hidrófobo, para ello se prepara una solución de bitumio con kerosén (relación 2:1). El bitumio, derretido completamente al calor, se mezcla con el kerosén removiéndose de manera de obtener una mezcla homogénea. Esta se

aplica por medio de vaporización o con brocha sobre la superficie de la paja seca, se deja secar mínimo 4 horas para luego aplicarle una segunda capa.

El techo de paja así tratado es impermeable obteniéndose así mismo un retardo del fuego de 10 minutos. Sin embargo, no es agradable estéticamente ni proporciona un buen aislamiento térmico debido a su superficie exterior negra. Para minimizar este inconveniente se ha propuesto proteger exteriormente al techo con una emulsión de cal viva decantada y tamizada (86 %) mezclada con cola animal (14 %), ésta mezcla se aplica por medio de una brocha sobre el techo.

• Con el objeto de minimizar los defectos inherentes al material, el **Central Building Research Institute** en Roorkee (CBRI) desarrolló una técnica para la prefabricación de techos de paja comprimida. El principio de comprimir la paja, inicialmente investigado por el **Forest Research Institute** de Dehra Dun (India), consiste en colocar la paja dentro de un cajón de madera de dimensión inferior a 90 x 90 cm. para luego presionarla dentro de una prensa especialmente diseñada para tal fin.

En esta experiencia, la paja en paquetes se coloca en el cajón, alternando el sentido de los mismos, para luego ser presionada manualmente (esfuerzo de 35 kg/persona). Los paneles obtenidos son colocados sobre la estructura, como un colchón, unidos a ella por medio de alambres. Esta técnica, particularmente útil en auto-construcción, prolonga la vida útil del techo permitiendo una estructura más rígida y por lo tanto más resistente a la sobrecarga ocasionada por los trabajos de reparación del techo así como los originados por los vientos.

## 2.2. Utilización de Materiales Tradicionales con Técnicas Nuevas

Las investigaciones bajo esta orientación tratan principalmente de la revalorización de un material tradicional para la producción de algún componente semiacabado o por una colocación original a través de empleo de técnicas innovadoras.

### 2.2.1. Secco (Antrogón Gaillanus)

El secco es una hierba gramínea conocida también por el nombre "hierba elefante", ella crece abundantemente en estado salvaje. Su estructura física es muy parecida a la de la caña brava. En sección, los tallos están constituido por un anillo rígido (parecido al del bambú) y por una parte esponjosa. Los laterales así como las hojas salen de los nodos situados a todo lo largo del tallo, la distancia internodo es de 7 a 12 cms. Los tallos, en etapa

de madurez, pueden alcanzar los 2.50 mts. de alto. El diámetro de los tallos en la base es del orden de 7 a 9 milímetros, éste va decreciendo hasta alcanzar 1 milímetro en el extremo superior. La parte utilizable tiene un diámetro medio de 5 milímetros por 2 metros de largo.

La cobertura de secco es tradicionalmente utilizada en el medio rural, ella tiene un espesor de 15 a 20 cms. Así mismo, esta hierba puede ser trenzada para la fabricación de paneles de cerramiento livianos. Este techo proporciona una buena protección contra las lluvias, un buen aislamiento térmico y acústico permitiendo así mismo una buena ventilación. Ella tiene el inconveniente de ser pesada exigiendo un alto consumo de carpintería. Además, es putrescible, inflamable y propicia el desarrollo de insectos. Todo lo cual afecta su mantenimiento en el tiempo.

Se ha propuesto revalorizar esta cubierta vegetal con el objeto de proporcionarle las características siguientes: disminución de peso por mt<sup>2</sup>, buena estanqueidad bajo la acción de lluvias utilizando poca pendiente, resistencia a la flexión bajo peso propio (con y sin humedad), mecanismos de fijación a la carpintería resistentes a los esfuerzos del viento.

- En una operación experimental en Banconi-Bamaco (Malí) fue producido un panel de techo compuesto por dos espesores de secco de 4 cms. c/uno. Entre ellos, con el objeto de asegurar una buena estanqueidad, se interpuso una película de plástico. El espesor del panel debe ser lo suficiente para que filtre la radiación solar con el fin de reducir el envejecimiento de la película plástica y de contribuir a una buen aislamiento térmico. Un tratamiento químico aporta al panel las propiedades fungicidas e ignífugas así mismo un sistema de ligaduras en polipropileno fue adaptada para fijar los paneles a la carpintería.

### 2.2.2. Las Fibras Vegetales

Las principales plantas tropicales de las cuales se obtienen fibras son: yute, cocotero, sisal, ramia, esparto, cáñamo, etc. Ellas son comúnmente usadas para el tejido de telas para muy diferentes usos. Sin embargo, el empleo creciente de tejidos sintéticos a más bajos costos genera una reducción de las áreas de cultivos de vegetales para la explotación de sus fibras.

Desde hace un cierto tiempo se ha experimentado en la producción de componentes constructivos reforzados con fibras. La mayoría de ellos han sido desarrollados para reemplazar el asbesto-cemento.

Estos nuevos productos son esencialmente compuestos de un matriz hidráulica mineral o de un silicato de calcio formado por la reacción química entre una materia a base de sílice o de una materia calcárea reforzada con la ayuda de fibras orgánicas o inorgánicas. Ellas se reparten multidireccionalmente oponiéndose a las exigencias de tracción y a la propagación de fisuras.

Las fibras han sido utilizadas con el objeto de mejorar el comportamiento de la matriz aumentándole la resistencia a la tracción y a los impactos además de otras características dependientes del tipo de la base y de las fibras así como de los porcentajes de cada uno de los compuestos. A menudo, se mezclan diversos tipos de fibras, ello con el objeto de facilitar su fabricación o bien para utilizar las propiedades específicas ofrecidas por las diferentes fibras y así optimizar las respuestas técnicas del producto. Entre esas investigaciones tenemos:

- El **Cement and Concrete Research Institute** (Suecia) ha desarrollado un componente de concreto reforzado con fibras de sisal (*Agave Sisalana*) Los prototipos realizados son placas onduladas y trapecoidales para ser posteriormente cubiertas con tejas. Ellas pueden tener una luz de 3,3 mts soportando una carga de 650 Kg/mt<sup>2</sup>.
- En Bangladesh (1.971) se desarrollaron elementos de techos a base de yute (*Corchorus Capsularis*) reforzado con resinas de poliéster. Ellos presentan las ventajas siguientes: se puede producir componentes grandes y ligeros de manera económica; exigen una mano de obra no calificada; son bien aceptados por la población; puede moldearse cualquier forma de componente; no exige una tecnología sofisticada; son resistentes a los efectos de una exposición prolongada al sol.

Sin embargo, el uso la resina es un inconveniente en los países en donde no se produce por su alta incidencia sobre el costo de producto acabado.

### 2.2.3. El Bambú (*Bambusa Vulgaris*)

El bambú se encuentra en la vegetación de muchas regiones tropicales, sub-tropicales o moderadamente templadas del mundo, desde el nivel del mar hasta altitudes de más de trescientos metros, donde quiera que existan una serie de factores ecológicos específicos. Las cañas del bambú son cilíndricas, con diámetros que varían entre 2 y 30 cms, con longitudes que van desde los 3 a los 35 mts. Ellas son generalmente huecas, excepcionalmente pueden ser sólidas.

Estructuralmente, está constituido por un sistema

de ejes vegetativos segmentados que forman alternadamente nodos y entrenodos, que varían en su morfología según correspondan al rizoma, al tallo o a las ramas. Las cavidades de los internodos adyacentes están totalmente separados en el nodo por un diafragma transversal que le imparte rigidez, flexibilidad y resistencia.

Las dimensiones físicas de la caña del bambú, tales como longitud, diámetro, y espesor de las paredes dependen de la especie y de la edad de la misma. El bambú emerge del suelo con el máximo diámetro que va a tener de por vida, disminuyendo proporcionalmente con la altura. <sup>4</sup>

En los últimos años, debido a las ventajas que proporciona la estructura física del bambú, se han desarrollado diversos pequeños elementos para la construcción. A continuación se describirán brevemente alguno de ellos:

- Parquet de Bambú

Este material ha sido desarrollado por el *Forest Product Research and Development Institute* (Filipinas). Pequeños recortes de bambú (38 x 57 mm) colocados sobre una lámina de contrachapado permite desarrollar un entepiso resistente decorado con motivos geométricos.

No se requiere ningún equipo sofisticado para su confección. El producto no presenta problemas de hinchamiento, deformación u otro defecto ya que el bambú es colocado sobre un soporte estable.

- Bloques huecos armados con bambú

Ellos han sido desarrollados para la construcción de una vivienda experimental por el *Forest Product Research and Development Institute* (Filipinas). La presencia del bambú permite esencialmente reducir el concreto sin menoscabar las propiedades de los bloques.

- Tejas de Bambú

Una cubierta de tejas de bambú fue desarrollada en el *Institut de Recherche Forestière* de Dehra Dun (India).

La cubierta es extremadamente simple consiste en alternar medias cañas de bambú (cortados a lo largo).

- Técnica del Concreto Armado con Bambú

Diversos investigadores han ensayado elementos estructurales tales como vigas, losas, columnas, obteniendo resultados que demuestran la factibilidad del uso de la teoría del concreto armado en el diseño del concreto reforzado con bambú.

**CUADRO Nº 2  
PRINCIPALES TECNICAS Y MATERIALES DE  
CONSTRUCCION A BASE DE  
VEGETALES Y DE SUBPRODUCTOS AGRICOLAS**

UTILIZACIONES POSIBLES			VEGETALES		SUBPRODUCTOS	
			Palma, paja, etc. Bambu Cañas	Fibras Vegetales Caña de Azúcar Copro de Coco Cascarilla de Arroz		
CERRAMIENTOS	MUROS	PANELES	Aglomerados	2	2	1
			Comprimidos	6	6	1
		LADRILLOS	Huecos	2	5	4
			Macizos		4	4
		MUROS / TABIQUES	0	4		
		BLOQUES		2	2	
	ENTRAMADOS	0	0	0	0	
	TECHOS	ESTRUCTURALES (arcos, cúpulas, etc.)		0		
		PLACAS	Planas			
			Onduladas			
COBERTURAS		0	0	0		
TEJAS	0					
OTROS	FUNDACIONES Y ANDAMIOS		0			
	ENCOFRADOS			1		
	ELEMENTOS ARMADOS		2	2	2	
	CONCRETO				0	
	CEMENTO				5	
	MATRIZ HIDRAULICA				6	
	REVESTIMIENTOS	Murales	0	4	1	1
de pisos		0	1	0		

**LEYENDA**

0	UTILIZADO SOLO
1	MEZCLADO CON RESINA
2	* CON CEMENTO
3	* CON YESO
4	* CON CAL
5	* CON TIERRA
6	* CON OTROS PRODUCTOS

C.F. Elaboración Propia

**2.3. Desarrollo de Nuevos Materiales a base de Materias Primas Vegetales por medio de Técnicas Innovadoras**

Así como se mencionó cuando se hizo la clasificación de las investigaciones, esta orientación trata de la producción de nuevos materiales de construcción a base de materias prima vegetales o de residuos agro-industriales con el objeto de reducir su costo final.

Algunos residuos vegetales han sido tradicionalmente utilizados por las poblaciones rurales para la construcción y mantenimiento de sus viviendas. Sin embargo, una gran cantidad de ellos queda abandonada en los campos.

Numerosas investigaciones han sido llevadas a cabo en varios laboratorios de I & D con el objeto de producir nuevos materiales de construcción que puedan ser sustitutos de los tradicionales (cemento, ladrillos, bloques, láminas metálicas, etc.) a un menor costo. Una gran cantidad de estos nuevos productos desarrollados utilizan como materias primas estos residuos agrícolas: paja, cascarilla de arroz, fibras del coco, bagazo de la caña de azúcar, etc.) (Ver Cuadro N° 2).

A continuación veremos algunos ejemplos:

**2.3.1. La Copra del Coco (Cocos Nucifera)**

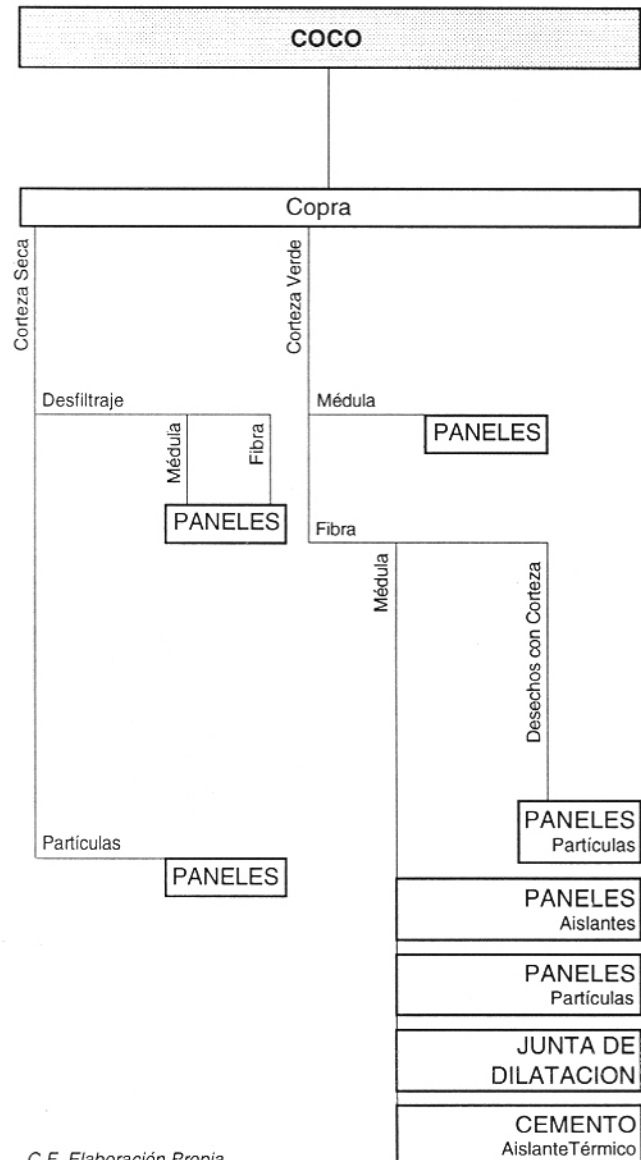
La corteza del coco representa 35 % del total de la fruta, su espesor varía entre 3 y 5 cm. El 90 % de ella está representada por la "fibras" constituidas principalmente por lignina y celulosa. El 10 % restante llamado "médula" contiene pectinas, taninos y otras sustancias solubles en agua. Estos porcentajes varían muy poco ya que son independientemente del tamaño o del nivel de maduración del coco.

Las fibras tienen un largo comprendido entre 15 y 30 centímetros, ellas son imputrecibles, incombustibles. Así mismo, debido a "su menor contenido de celulosa contenida en las fibras del coco (50 %) en relación a las fibras del sisal (65 %) y a su estructura superficial cerrada" 6 tiene una mejor resistencia a los ataques alcalinos y microbiológicos.

Este subproducto es utilizado en un 50 % por la industria manufacturera para la fabricación de cables, escobas, tapices, aceites, etc., el resto queda como desecho. Los que quedan en el campo como desperdicios de los cultivos no tienen más uso que la incorporación directa al suelo como abono orgánico.

Diferentes materiales de construcción han sido experimentados a partir de las fibras de coco (Ver Gráfico N° 1).

**GRAFICO N° 1  
MATERIALES DE CONSTRUCCION  
OBTENIDOS A PARTIR DEL COCO**



C.F. Elaboración Propia

Entre ellos se puede citar:

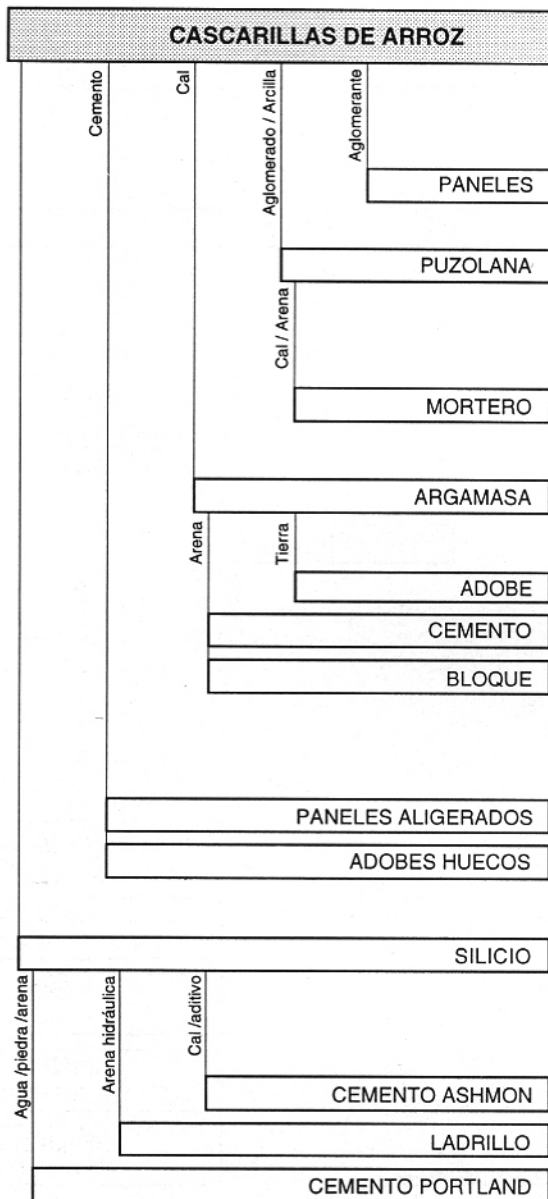
- Un estudio realizado por el Centro de Investigaciones de Materiales (CIM) del *Instituto de Ingeniería de la UNAM* (México)<sup>7</sup> en donde se produjo un concreto a base de fibras de coco.

A tal fin, se tomaron en cuenta las siguientes determinantes:

Tamaño de las fibras: se eligieron tres tamaños (de 1, 2,5 cms. y mayores de 5 cms);

Relación agua-cemento: se eligieron tres relaciones,

**GRAFICO N° 2**  
**MATERIALES DE CONSTRUCCION**  
**OBTENIDOS A DE LA CASCARILLA DE ARROZ**



C.F. Elaboración Propia

éstas en función a la consistencia que presentaba la mezcla de los materiales;

Condición de las fibras: se tomó en consideración la cantidad de impurezas que presentaba las fibras;

Tratamiento a las fibras: se procuró encontrar la variable que produzca la mayor resistencia y que permita las condiciones óptimas para el desarrollo de reacciones de hidratación. El tratamiento se hizo con sales e hidróxido, soluciones de creosota, petróleo con pentaclofenol

y pentaclofenolato de sodio (usados bajo condiciones de tipo látex, azufre);

Utilización de cargas de agregado fino (arena). Utilización simple y combinada de la fibra de coco.

El diseño experimental se sujetó al estudio de las propiedades estructurales y de durabilidad de las diversas variables.

Esta serie de combinaciones generó la fabricación de un concreto con las siguientes características: gran ductilidad, ya que permanece sin dividirse aún en el momento de la falla; distribución uniforme de los esfuerzos; control de crecimiento y propagación de grietas; incremento de la tenacidad y de la resistencia de las fibras vegetales, resistencia a la compresión entre 20 y 100 kg./cm<sup>2</sup> (dependiendo de la mezcla empleada y del tratamiento aplicado a las fibras); la resistencia más elevada se obtuvo cuando se le trató las fibras con azufre.

En relación a la mezcla, el porcentaje cemento-fibras se determinó en base a las propiedades del material acabado, se estableció que la mejor proporción de fibrocemento es de 1:4, ya que con relaciones mayores de cemento no se aumenta la resistencia.

Bajo pruebas de corrosión, intemperismo y resistencia al fuego, los concretos fabricados en base a la fibra de coco tuvieron comportamientos satisfactorios con respecto a materiales tradicionales utilizados como testigos.

Entre los materiales que puede ser desarrollados en base a este concreto podrían citarse: bloque comunes para muros, placas delgadas para muros y techos, cubiertas aislantes para techos, etc.

- En esta misma línea de experimentación el **Forest Product Research and Development Institute** (Filipinas) desarrolló un bloque de cemento aligerado con médula de copra.

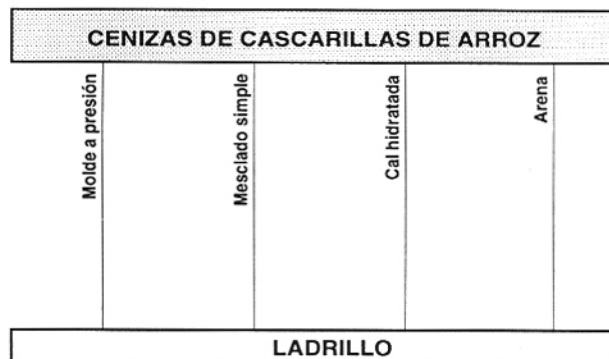
- También en el **Central Building Institute** (India) a puesto al día una lámina ondulada para techos a base de fibras de coco y una matriz de cemento Portland. Estas láminas son resistentes, económicas y por sus características técnicas son bien adaptadas a los países tropicales. Este procedimiento ha sido comercializado obteniendo una buena receptividad.

### 2.3.2. La Cascarilla de Arroz

La planta de arroz es especialmente cultivada para la obtención de sus granos. Una de las características más importante de esta planta es que se puede realizar con éxito en condiciones ambientales muy diferente princi-



**GRAFICO N° 3**  
**PRODUCCION DE LADRILLO**  
**A BASE DE CASCARILLA DE ARROZ**



C.F. Elaboración Propia

palmente desde el punto de vista hídrico. De manera tradicional, el rendimiento del arroz es del orden de 1 ton/ha, en cultivo intensivo se puede alcanzar 2,5 Ton/ha.

Una tonelada de arroz produce 286 Kg. de residuos, entre ellos se encuentra la película que envuelve los granos llamada corrientemente "cascarilla". Esta tiene un alto contenido de sílice (93 % de  $\text{SiO}_2$ ) debido a lo cual es especialmente apta para ser utilizada como materia prima para la elaboración de materiales de construcción no tradicionales.

Tradicionalmente, la cascarilla de arroz no ha tenido ningún uso específico siempre ha sido considerado un residuo de la producción del arroz. Su valor calorífico es bajo, de 3.300 a 3.600 cal/Kg. por lo cual no es apto para ser empleado como combustible, además genera un alto volumen de cenizas.

En la última década, la cascarilla ha sido el centro de numerosas investigaciones debido a su alto contenido en sílice (Ver Gráfico N° 2). Estas se orientan principalmente a la producción de materias primas para la producción económica de materiales de construcción.

Entre estas investigaciones tenemos:

- El **Building and Road Research Institute** en Kamasí (Ghana) ha desarrollado un proceso extremadamente sencillo para la fabricación de un ladrillo a base del mezclado simple de 2/3 de arena, 1/3 de cascarilla con un poco de cal hidratada. (Ver Gráfico N° 3). La mezcla se introduce en un molde para luego aplicarle presión. Los ladrillos obtenidos se introducen en horno para su secado, no se requiere el empleo de autoclave.

- Así mismo, en Filipinas se ha investigado sobre la producción de un ladrillo de arcilla y de cascarilla. Este interviene en el proceso en dos niveles: a nivel de la

cocción como combustible de los hornos. A nivel de la confección, las cenizas provenientes del quemado de la cascarilla se mezclan a la arcilla para luego ser introducido en moldes y secados.

- El **Central Building Research Institute** de Roorkee (India) a desarrollado un mortero hidráulico a partir del barro residual proveniente de las industrias azucarera, de producción de papel, de acetileno, etc.. Este barro se mezcla con ceniza de cascarillas y cal en una proporción 1/1 en peso.

La composición química de la mezcla obtenida es la siguiente:

	$\text{SiO}_2$	CAO	MQO	$\text{Al}_2\text{O}_3$	Otros
%	26,85	61,89	2,74	1,62	6,90

A la mezcla se le añade agua en cantidad suficiente para poder formar bolas, éstas se dejan secar al sol para luego quemarlas en un horno (la cascarilla se podría usar así mismo como combustible del horno). La cascarilla le aporta el sílice a la cal, produciéndose una reacción durante la calcinación. La reactividad del polvo es proporcional a su finura, mientras a mayor finura más reactivo es, por lo cual se recomienda se muele finamente el polvo obtenido de los hornos. La densidad volumétrica seca del material obtenido después del molido es de 700 kg./m<sup>3</sup>.

- El **Indian Institute of Technology** en Kampur (India) ha desarrollado un cemento fabricado a partir de la mezcla de la ceniza de cascarilla con cal y de un aditivo corriente (Ver Gráfico N° 4). Este cemento llamado Ashmon parece ser particularmente adaptado para la fabricación de pequeños elementos de albañilería así como para canales de irrigación y canalizaciones, gracias a su alta resistencia a la penetración del agua.

Al igual que el cemento Portland, el Ashmon es un cemento hidráulico. El tiempo de fraguado inicial está entre 1 h y 1/30 h., el final entre 4 y 6 horas. Siete días después, la resistencia a compresión de las probetas del mortero de arena-cemento es de 150 kg./cm<sup>3</sup>, veintiocho días después es de 250 kg./cm<sup>3</sup>.

Este cemento ha sido empleado para la fabricación de concretos de tipo corriente (proporción de los componentes 1:2:4) para los cuales se requiera una resistencia a la compresión entre los 200 y 250 kg./cm<sup>2</sup>.

No se tiene información sobre resultados de ensayos a largo tiempo que permitirían determinar las cualidades de este concreto en estructuras resistentes.

**GRAFICO N° 4  
PRODUCCION DE CEMENTO  
DE CASCARILLA DE ARROZ**



C.F. Elaboración Propia

### 2.3.3. La Caña de Azúcar (*Saccharum Officinarum*)

La caña de azúcar se cree que es originaria de Nueva Guinea, su cultivo no está limitado ni por el frío ni por la altura, prestándose especialmente bien en las regiones tropicales y sub-tropicales. Ella es principalmente cultivada para la producción de azúcar. El proceso tecnológico para la producción de azúcar permite obtener por cada tonelada de caña 120 kg. de azúcar, 38 Kg. de miel fina, 36 Kg. de cachaza, 250 Kg. de bagazo<sup>9</sup>.

Tradicionalmente, el bagazo (fibras leñosas) se emplea como combustible para la obtención de la energía requerida por el Central Azucarero (el valor calorífico neto del bagazo es de 1.900 kcal/kg.) así mismo, es utilizado como materia prima en la producción de pasta para papel. Sin embargo, una gran parte queda sin utilizar constituyendo un desecho cuya eliminación constituye un problema para la industria.

En investigaciones recientes se ha determinado que es posible a partir del bagazo, la obtención de espumas de poliuretano furánico rígido, el cual está previsto para ser empleado principalmente:<sup>10</sup>

para el aislamiento térmico de las edificaciones (paneles-sandwichs y para proyección en techo;

para el aislamiento térmico industrial (cuartos fríos, canalizaciones, calentadores de agua, etc.)

Sin embargo, la tendencia energética de los Centrales en búsqueda de optimizar el proceso de producción del azúcar tiende a no usar más el bagazo como combustible por lo cual quedaría éste como residuo del proceso.

Ahora bien, para que el bagazo sea potencialmente utilizable para la obtención de productos de buena calidad en forma eficiente, debe guardar una serie de especificaciones o parámetros. El conjunto de éstos define la calidad del bagazo y son responsables del comportamiento de éste en su empaque, manipulación o transporte, almacenamiento o proceso tecnológico, lo que determina el éxito o fracaso de su futura utilización.

Esta materia prima ha sido empleada para la producción de diferentes materiales de construcción principalmente de tableros planos (Ver Gráfico N° 5). Existen dos técnicas para la producción de éstos, ellas es función de sus componentes de base: tableros de bagazo-resina (este proceso se encuentra en fase de comercialización en varios países desde hace una treintena de años) y tableros de bagazo-cemento.

Así mismo podemos exponer otras experiencias:

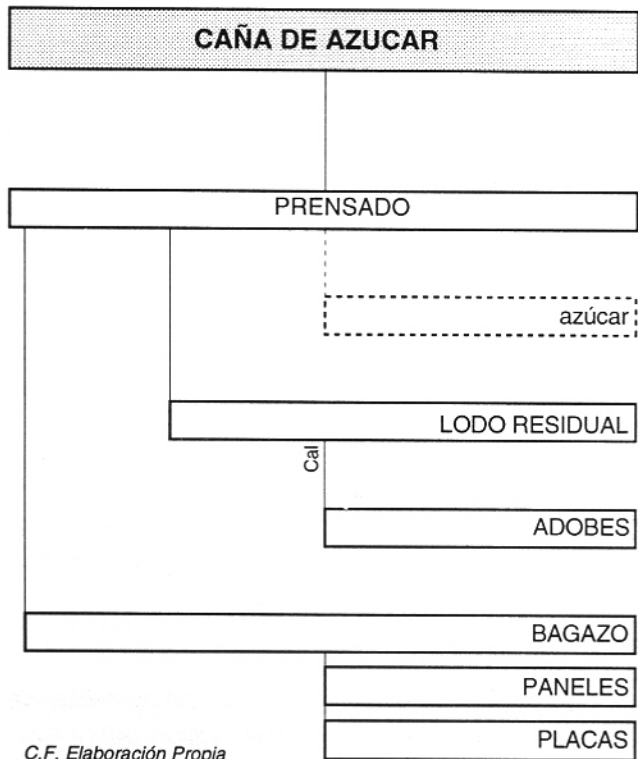
- La *University of Washington College of Forest Resources* (USA) ha desarrollado una placa ondulada para techos comparable en cuanto a la rigidez y resistencia a la lámina metálica. La inversión de base no es muy grande y el producto obtenido es bien aceptado.
- Otro subproducto de la fabricación de azúcar por el procedimiento de carbonización es un polvo a base principalmente de carbonato de calcio. Con este polvo más un 15 % de agua es posible la fabricación de adoquines. Este procedimiento ha sido desarrollado por el *Central Building Research Institute of Roorkee* en la India.

### 3. EVALUACION DE LAS LINEAS DE INVESTIGACION

El inventario de las tres líneas de investigación sobre la utilización de recursos vegetales para la producción de materiales de construcción para la vivienda de bajo costo evidencia la débil relación existente entre las exigencias de los Países en Vías de Desarrollo (PVD) y los programas de investigación.

Las dos primeras líneas, el mejoramiento de materiales y técnicas tradicionales y la utilización de materiales tradicionales por medio de técnicas nuevas, no tendrían probablemente éxito ya que la mayoría de los productos obtenidos se encuentran con la indiferencia de los principales agentes involucrados en su desarrollo: el consumidor (para quién fueron creadas) y la industria. El primero debido a su reducida capacidad económica para pagar esos productos mejorados, o bien si tienen esa capacidad, prefieren los productos "modernos" debido a la

**GRAFICO Nº 5**  
**MATERIALES DE CONSTRUCCION**  
**A PARTIR DE LA CAÑA DE AZUCAR**



revalorización social que su empleo les genera.

Con respecto a la industria, ésta no tiene interés a afrontar el riesgo financiero para fabricar productos que no son bien aceptados. Además con este tipo de solución, lo que haríamos es retardar el problema unos años (la vida útil de los productos no es muy larga) y en consecuencia el número de personas sin techo aumentaría cada año.

En resumen, la relación aspecto/calidad/durabilidad de estos productos es solamente interesante para los países de muy bajo ingreso.

A la noción de técnicas apropiadas es necesario asociar la idea de productividad, sólo una producción masiva podría ser capaz de aportar una solución a la falta de vivienda de interés social. Así mismo, es necesario admitir que solo las técnicas "modernas" estarían en capacidad de responder a las exigencias de producción y de tiempo. Pero es un hecho también que el nivel del ingreso de las poblaciones involucradas es extremadamente bajo.

Entre esas dos posiciones extremas, se encuentran las técnicas "mixtas" las cuales tendrían mayor posibilidad

de ser aceptadas por la población y por la industria. Es a este nivel que la tercera orientación de las investigación: "la producción de nuevos materiales a partir de materias primas vegetales" podría inscribirse.

En efecto, los materiales obtenidos y descritos en este texto parecen ser particularmente adecuados a las condiciones existentes en los PVD, ésto por las razones siguientes:

las técnicas empleadas son simples, exigentes de materias primas fácilmente ubicables en la cantidad requerida.

no exigen grandes unidades de producción;

los procedimientos empleados exigen una mano de obra no calificada;

los productos obtenidos tienen características técnicas y aspectos semejantes a los materiales tradicionales de uso corriente, por lo cual serían aceptados más fácilmente por la población.

#### **4. PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA INTRODUCCION DE MATERIALES DE CONSTRUCCION LOCALES A PARTIR DE RESIDUOS VEGETALES.**

Los indicadores que fueron analizados nos han permitido establecer cuales son los principales problemas relacionados con la introducción de este tipo de material dentro de la industria de la construcción. Los relacionados con el uso de los materiales así como aquellos de índole técnico serán brevemente expuestos a continuación.

##### **4.1. Problemas relacionados con el uso**

El campo de la aplicación de productos o subproductos vegetales es bastante limitado. Sin embargo se pudo definir algunos problemas relacionados con la introducción de éstos como materiales de construcción.

##### **4.1.1. Respuestas a las Condiciones Climáticas**

El problema más frecuentemente presentado es el del comportamiento de los materiales con respecto a las solicitaciones climáticas. Los utilizadores temen que estos materiales no puedan soportar las condiciones ambientales y que a la larga se degraden. Así mismo, existe el temor que estos materiales sean poco resistentes a las vibraciones.

##### **4.1.2. Problemas de Mantenimiento**

El manteniendo de las viviendas no es una práctica establecida por lo cual estos materiales crean resistencias

o temores ya que parecen más vulnerables que los tradicionales.

#### **4.1.3. Problemas de Apropiación**

Algunas personas manifiestan dudas sobre las posibilidades que tendrán de personalizar sus viviendas así como de la calidad estética de estos materiales.

#### **4.2. Problemas Técnicos**

En esta parte trataremos los problemas enunciados en lo que respecta a los materiales locales a base de materias primas vegetales a la salida de la unidad de producción.

##### **4.2.1. Control de Calidad**

En la mayoría de los países en vías de desarrollo, la ausencia de normas que obligarían a los industriales de controlar los productos para ofrecerles a los usuarios una cierta garantía, refuerza la desconfianza de éstos hacia materiales que no conoce y que no han demostrado a través del tiempo sus cualidades.

##### **4.2.2. Almacenamiento**

En la mayoría de los casos, el almacenamiento de los materiales de construcción en obra no es objeto de atención particular. Los materiales sobre los cuales trabajamos requieren de un almacenamiento más riguroso.

##### **4.2.3. Colocación y Equipo**

La construcción con materiales nuevos demandan un cuidado bastante especial pudiendo exigir el uso de un equipo específico, de otro "Know-how" así como de una organización diferente del trabajo en obra.

### **5. CONDICIONES TECNICAS-ECONOMICAS A SER SATISFECHAS POR UN PAIS DESEE IMPLANTAR UNA INDUSTRIA A BASE DE MATERIAS PRIMAS VEGETALES.**

A continuación se precisan las condiciones técnico-económicas a ser satisfechas por un país antes de comprometerse en la implantación de una tecnología a base de materias vegetales. Estas son las siguientes:

#### **A nivel de la mano de obra**

Para que sea rentable el proceso de producción de materiales de construcción necesita ser semi-automati-

zado o completamente automatizado, sin embargo las operaciones de montaje en obra deben ser efectuadas con la ayuda de una mano de obra no calificada. Esto permitiría la adaptación de la tecnología a la mayoría de los países en vías de desarrollo es donde la mano de obra es numerosa y poco calificada.

#### **A nivel del Potencial Técnico Local**

La capacidad del país para producir los aglomerantes o cualquier otro aditivo necesario dentro del proceso de producción del material es un factor determinante debido a su alta incidencia sobre los costos de producción. De igual manera, sería necesario poder contar con una industria local de capital fijo medianamente desarrollada capaz de fabricar "in situ" lo esencial de la maquinaria así como las piezas de repuestos.

#### **A nivel de la Balanza de Pagos**

Los países que tiene penuria de divisas y dificultades de equilibrio en la balanza de pagos tienen especial interés en desarrollar esta actividad.

#### **A nivel Político y Financiero**

Los PVD en los cuales existe una real necesidad de diversificar los materiales de construcción, sobre todo para la vivienda de bajo costo, son los más aptos para desarrollar este tipo de industria. La industria agrícola nacional debe ser estable y sobre todo con voluntad de aprovechar los subproductos.

Una triple deducción se impone:

No todos los criterios precedentemente citados deben ser reunidos para justificar la implantación de una fábrica de materiales de construcción a partir de materias primas vegetales. Sin embargo, es esencial que la evolución tecnológica de la actividad se oriente hacia los objetivos fijados por el Gobierno Nacional, principal vector de desarrollo.

Una tecnología se desarrolla dentro de las condiciones propias del contexto. Ella debe adaptarse de manera original a las exigencias particulares de cada país.

El estudio ha puesto en evidencia el interés de una adaptación de la tecnología a la capacidad local, así como a la abundancia o escasez de los diversos factores de producción: en particular, el tamaño de la unidad de producción debe adaptarse a la infraestructura local de gestión y de transporte.

## 6. CONCLUSIÓN

Al inicio del presente artículo se hizo una revisión de la Tecnología Apropiada (T.A.), ideología que en cierto aspecto contribuyó al desarrollo de los materiales de construcción a base de residuos vegetales. Estamos de acuerdo con Rybczynski<sup>11</sup> cuando afirma que el rol más importante de la T.A. no fue el de inventar un nuevo enfoque, sino más bien el de recordar a las Instituciones para el Desarrollo Internacional que un gran número de personas han sido apartadas del proceso de desarrollo y que existen opciones tecnológicas que podrían corregir esta situación.

Así mismo, estamos de acuerdo uno de los planteamientos de IDEC<sup>12</sup>, el cual considera que:

***"para modificar significativamente los niveles de la Producción de Viviendas de Interés Social es necesario hacer un esfuerzo sostenido en el desarrollo tecnológico que incida tanto en la producción de materiales y componentes como en la organización de la Industria de la Construcción".***

El éxito a nivel económico de un programa de construcción de interés social dependerá en alto grado del esfuerzo aportado en ese campo por el Estado para establecer una organización eficaz en donde todos los factores inter-relacionados tengan, por razones que pueden ser diversas, intereses convergentes y en donde cada uno de ellos sea positivamente activo o al menos neutro. Para ello es necesario atacar la base del problema: revisar las políticas y estrategias de desarrollo de la industria de los materiales de construcción desde una óptica global que incluya la producción de los materiales, la distribución de las materias primas, las actividades en materia de Investigación y Desarrollo, la definición de normas y reglas, ... etc., es decir todos los factores relacionados con la producción de la vivienda de interés social.

La materias primas vegetales para la producción de materiales de construcción se encuentran en muchos casos en un estado intermedio dentro de un proceso de transformación específico para la producción de un bien requiriendo un proceso de transformación para la obtención de otro producto. Ello genera la exploración metodológica a nivel nacional, regional, y local de las materias primas para posteriormente proceder al análisis económico de las posibilidades reales de su utilización. Ello, desde los diferentes puntos de vista: como subproducto, para su revalorización energética o como coproducto. Cualquier propuesta productiva para ser económica, debe partir de una base tecnológica a su vez económicamente aceptable.<sup>13</sup>

Entonces, sería posible invertir el esquema habitual que consiste en luego de producido el subproducto o residuo se busca la posibilidad de utilizarlo. En esta nueva óptica no se generarían "residuos" de un proceso, sino materias primas aptas para ser utilizadas en otro proceso de producción para la producción de bienes específicos diferente al bien primario. Para ello sería necesario establecer precisamente cuales serían las características necesarias del coproducto para las utilidades pensadas. En resumen, es necesario ubicarse dentro de una óptica industrial de adaptación de la oferta a una demanda potencial.

Los productos y subproductos agrícolas e industriales no aparecerían como desperdicios o residuos desgraciadamente obtenidos a consecuencia de una actividad, sino que se consideraría coproductos laterales para la producción de bienes específicos.

Si bien las tecnologías presentadas no están desde el punto de vista técnico totalmente resueltas, los problemas detectados siguen siendo tema de estudios actuales ya que se ha evidenciado que el interés en desarrollar materiales de construcción a base de materias primas agrícolas no es una utopía más pudiendo brindar excelentes soluciones para la construcción masiva de viviendas y otras edificaciones a bajo costo en los países en vías de desarrollo, productores en gran parte de las materias primas aptas a ser empleadas para tal fin.

## NOTAS BIBLIOGRAFICAS

- 1 GOHAR (R.D.).  
**Development and Use of Cheap Building Material in Low-Income Housing.** Simp. Building Materials for Low Income Housing. E.&F.N. Spon, Londres, 1.987.
- 2 RISKIN (C.).  
**Small Industry and the Chinese Model of Development in China Quarterly,** nº 46, Avril-Juin 1.971.
- 3 Op Cit. RISKIN (C.). **Small Industry and the Chinese.....**
- 4 SUBRAHNANYAM (B.V.).  
**Bamboo Reinforcement for Cement Matrices.** En New Reinforced Concretes. Editado por R.N. Swamy. Surrey University Press.
- 5 GRIMWOOD (B.E.).  
**Les Produits du Cocotier: leur traitement dans les pays en développement.** Ed. Food and Agriculture Organisation of del United Nations (FAO) (Collection FAO: Progres et mise en valeur, Agriculture nº 99), 1.976.
- 6 JOHN (V.M.), AGOPYAN (V.) y DEROLLE (A.).  
**Durability of the blast-furnace slag based cement mortard reinforced with coir fibres.** In Vegetable Plants and their Fibres as Building Materials. Proceeding of the Second International RILEM Symposiun. Chapman and Hall, Setp. 1.990, p. 89.
- 7 Citado en Seminario **Viviendas Prefabricadas de Bajo Costo.** INVIVIENDA, 1.981, p. 84
- 8 Francia. **Le Ciment de Riz** in TECNOLOGIE APPROPIEE -Asistance Información Nº 22, Nov-Dic. 1.979.
- 9 República Dominicana, INVIVIENDA. Seminario: **Viviendas Prefabricadas de Bajo Costo.** INVI, 1.982 (pag. 85).
- 10 Francia. **Recherches et Developpements de Polyurethanes Furanniques.** Centre Scientifique et Technique du Batiment, Service Materiaux, 1.987.
- 11 RYBCZYNSKY (W.).  
Paper Herous. **Un Regard sur la Technologie Appropriée** Ed. Parenthèses., Paris. 1.983. p. 150.
- 12 IDEC: siglas representativas del Instituto del Desarrollo Experimental de la Construcción adscrito a la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela.
- 13 Gruppo di Lavoro E. Alberton. **Tranferimento di Tecnologia all'Edilizia.** Edizioni C.L.U.T., Torino, 1.991 (p. 8).