

# Construcción sostenible y madera: realidades, mitos y oportunidades

Fecha de recepción: 21/07/08

Fecha de aceptación: 05/09/08

Rolando Fournier Zepeda<sup>1</sup>

## Palabras clave

Construcción sostenible, construcción biológica, bioconstrucción, bioarquitectura, madera, madera de plantación.

## Key words

Sustainable building; biology building; green building; wood; sustainable wood

## Resumen

La construcción biológica sostenible se basa en el estudio de las interrelaciones entre el ser humano, el ambiente construido y su entorno. Es una filosofía de construcción que busca edificar espacios saludables, mejorar la calidad de vida, preservar la especie humana y el ambiente, conceptualizando la vivienda como nuestra tercera piel.

La bioarquitectura tiene como propósito promover el estudio de materiales, elementos, componentes de construcción, viviendas y edificios que propicien el desarrollo, mejoramiento y uso de

materiales compatibles con la vida, frente a otros que no lo son tanto.

El avance de la tecnología y la versatilidad de los materiales, especialmente de la gama de plásticos, concreto y acero, ha hecho posible que los sistemas de construcción hayan variado mucho en pocas décadas. La disminución del uso de la madera no ha sido ajena a este hecho. Se ha olvidado casi por completo el conocimiento tradicional acerca de su uso, dando por consecuencia su desprestigio.

La madera es el material más noble, renovable, sano, sostenible, estético y confortable de la construcción. Prácticamente todas las culturas de la humanidad la han empleado en sus obras constructivas.

En la medida en que la sensibilidad proteccionista de los bosques autóctonos y en especial, de los tropicales, vaya creciendo, también la industria de la madera irá tomando el tren de la tecnología, adaptándose a los nuevos tiempos. El conocimiento de la madera y el desarrollo de su tecnología en los aspectos de plantación, secado, técnicas de tratamiento

1. Coordinador, Centro de Investigaciones en Vivienda y Construcción, CIVCO, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Correo electrónico: [rfournier@itcr.ac.cr](mailto:rfournier@itcr.ac.cr).



y transformación permitirán garantizar el éxito de su utilización en el Sector de la Construcción, lo que la convertirá a corto plazo en el material del futuro. La madera es un material paradigmático en cuanto a su adecuación a los objetivos del respeto al medio ambiente.

### **Abstract**

Building Biology is the study of the interaction between human beings and the built environment. It is a philosophy or building which takes into account health, the natural environment and the human need for shelter, likens the built environment as our third skin.

In developed countries, cultivated wood is considered a basic material in the construction sector, especially in housing projects. At the other hand, in developing countries, most of the constructions are made of concrete, steel and other imported materials. Our engineers, architects and timber manufacturers have a lack of knowledge regarding crop, processing and properties of wood as a construction material.

It is a fact that the wood, technically and sustainably managed, is an economical, aesthetic, structural, renewable, and environmental sound material, that can strongly contribute to solve one of the most important problems of human beings: the lack of shelter.

### **Introducción**

En Costa Rica, la política de desarrollo nacional se ha orientado prioritariamente, a través de los años, hacia la satisfacción de las necesidades básicas de la población. Es así como los problemas de alimentación, salud, educación, servicios de agua y electricidad, transporte y vivienda han sido enfocados mediante programas específicos, buscando lograr su solución integral. El crecimiento habitacional ha colocado a la

vivienda, y principalmente a la vivienda de interés social, en un lugar prioritario de la agenda nacional. Es así como en 1979 se creó el Sector de Vivienda y Asentamientos Humanos, con el Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos (MIVAH) como ente rector; en 1986 se creó el Banco Hipotecario de la Vivienda (BANHVI), que vino a dar sustento financiero al Sector; en 1990 se estableció el bono gratuito de la vivienda y en las últimas dos décadas, el Sistema Bancario Nacional ha diversificado sus ofertas de recursos financieros para sectores medios. Todos estos esfuerzos nacionales han dinamizado el Sector Construcción, esfuerzo que ha sido acompañado por el uso, cada vez mayor, de sistemas de construcción basados principalmente en mampostería de concreto y elementos prefabricados de concreto reforzado.

El déficit acumulado de vivienda en Costa Rica se ha estancado, afectando históricamente a casi el 20% de la población y aproximadamente el 5% de la población vive en precarios.

Inicialmente, durante los años en que el déficit era creciente, lo que importaba era el número de soluciones constructivamente estables que se podía lograr, quedando poco espacio para las discusiones sobre la calidad integral de la vivienda y sus materiales constituyentes, sobre todo en los aspectos ambientales, estéticos, de salud, de confort, clima, situación geográfica y cultura. Afortunadamente, estas preocupaciones han ido tomando cada vez más relevancia. En particular, el uso adecuado de materiales y tecnologías que den valor agregado a la vivienda, representa un reto fundamental en este campo.

### **Los materiales desde el punto de vista de la construcción biológica sostenible**

De modo perceptible o imperceptible para nuestros sentidos, todo tiene influencia sobre nuestras vidas. En ello están incluidos

los materiales de construcción y las edificaciones. Objetiva o subjetivamente captamos el agrado o rechazo que nos causa una casa o un edificio.

El organismo edilicio es bastante sensible, al punto en que se lo podría considerar como una prolongación del organismo humano, por cuanto las influencias que de aquel emanan son múltiples y actúan de modo considerable sobre nuestro bienestar.

La construcción biológica sostenible<sup>21</sup> se basa en el estudio de las interrelaciones entre el ser humano, el ambiente construido y su entorno. Es una filosofía de construcción que busca edificar espacios saludables, mejorar la calidad de vida, preservar la especie humana y el ambiente, conceptualizando la vivienda como nuestra tercera piel.

A manera ilustrativa, es común observar que en construcciones con superficies frías y húmedas se desarrollan gérmenes patógenos. Las emanaciones de hongos y bacterias no sólo tienen un olor desagradable que perdura por meses o años, sino que son nocivas para la salud, favoreciendo la aparición de malestares y enfermedades como gripes, tos, asma, reumatismo, rinitis, migrañas, eczemas, alergias y trastornos gastrointestinales, entre otros, tan comunes en nuestros días.

Si bien el concreto y la mampostería son materiales de altas prestaciones técnicas (resistencia y durabilidad), desde el punto de vista de la bioconstrucción y la bioarquitectura (“casa sana”) son de los materiales más controvertidos, debido en parte a la toxicidad de algunas de las sustancias que se desprenden en su fraguado, a los altos niveles de radiactividad que emiten cuando se emplean gravas y arenas cristalinas (cuárcicas y silíceas)<sup>7</sup>, a las distorsiones que el metal produce en el campo eléctrico natural y a que conducen relativamente bien el calor y dan sensación de frío<sup>5</sup>, entre otros. Los edificios construidos con armazón

de hierro o abundante concreto armado pueden provocar en sus moradores agudos problemas de estrés, depresiones y una cierta desvitalización por el efecto conocido como Caja Faraday<sup>8</sup>. Todos estos y otros efectos son conocidos internacionalmente como el Síndrome del Edificio Enfermo. Los sistemas pesados de mampostería de concreto presentan una serie de problemas en un país tan húmedo, arcilloso y laderoso como Costa Rica: obligan a costosos movimientos de tierra, es necesario alterar las condiciones naturales del terreno, se dificulta la construcción en terrenos de arcillas expansivas, se vuelven cíclicos los daños por inundaciones, propician la generación de focos de humedad interna por filtraciones y ascenso capilar, dañando bienes y propiciando la aparición de asma, alergias y otras enfermedades respiratorias. Costa Rica tiene uno de los índices de incidencia más elevados a nivel mundial en este tipo de trastornos, por lo cual es necesario investigar más acerca de sus orígenes. Por lo tanto, no es tan simple afirmar que nuestras casas de mampostería son “muy sanas”: hay que demostrarlo. Hay mucho por hacer en nuestro país en este campo.

Desde el punto de vista ambiental, el concreto tiene importantes efectos en sus etapas de extracción de la materia prima (uso de energía, erosión y alteración del suelo, degradación de la calidad del agua y del aire) y de producción (consumo de combustibles fósiles en el quemado del clínker, contaminación del agua, emisiones de CO<sub>2</sub> que causan efecto invernadero y calentamiento global, de NO<sub>2</sub> que causan *smog* y lluvia ácida, de SO<sub>2</sub> que causan acidificación y de partículas que causan problemas respiratorios y de visibilidad)<sup>21</sup>.

El acero consume gran cantidad de energías fósiles en las etapas de extracción, transporte de la materia prima y producción, que requiere de altos hornos. La fundición del metal produce un rango completo de emisiones dañinas para el ambiente, tales

como óxidos de sulfuro de la reducción mineral y fluoruros<sup>21</sup>.

El uso de fuentes energéticas y sus emisiones son parte esencial del inventario ecológico. Sin energía, ninguna materia prima se explota, transporta, procesa o construye. El uso de energía a nivel mundial es tan grande que la única solución debe ser reducir significativamente su consumo. La utilización de energía está ligada a la contaminación ambiental.

Los análisis de ciclo de vida (LCA por sus siglas en inglés) pretenden establecer los efectos ambientales de los materiales, elementos, componentes y sistemas de construcción, considerando desde la

extracción de la materia prima, hasta la producción, uso, demolición, reciclamiento y disposición del producto al finalizar su vida útil.

El Método de Energía Incorporada<sup>4</sup> es una medida de valoración del impacto ambiental de un material durante su producción, desde la extracción y transporte de la materia prima, importada o no, hasta el último paso de fabricación, considerando también la energía utilizada durante la construcción y vida útil de la obra. En materia ecológica, el aspecto energético es el de mayor peso. La producción de una tonelada de madera demanda 580 kw/h, la de aluminio, 126 veces más; la de acero, 24 veces más; vidrio, 14 veces más; productos sintéticos, 6 veces más; cemento, 5 veces más; y la de ladrillos, 4 veces más<sup>21</sup>. Se puede afirmar que, por lo general, los materiales de construcción naturales, como la madera, son óptimos desde el punto de vista ecoarmónico.

Se hace la acotación de que la energía exacta necesaria para producir un material de construcción es muy difícil de determinar y debe calcularse en función de a las condiciones de cada país y región. Por lo tanto, los datos aportados en el Cuadro 1 deben tomarse como una guía de comparación únicamente.

A manera de ejemplo de estudios más complejos, el CIVCO, utilizando metodologías europeas<sup>1,9,10,13</sup>, realizó análisis comparativos de energía incorporada entre la construcción a base de mampostería de concreto reforzado, tomado como punto de referencia, y el Sistema de Construcción Habicon<sup>14\*</sup> desarrollado por el CIVCO, que se basa en un esqueleto estructural de madera, resultando lo siguiente:<sup>4</sup>

**Cuadro 1.** Requerimientos de energía para la producción de materiales de construcción.

Material	Kwh/Ton	KWh/m <sup>3</sup>
Hormigón 1:3:6	275	600
Hormigón 1:2:4	360	800
Cemento	2 200	2 860
Mortero	277	400
Acero	13 200	103 000
Aluminio	27 000	75 600
Madera local secada al aire	200	110
Madera verde	200	220
Plásticos	45 000	47 000

\*Fuente: Pat Borer, Centre for Alternative Technology.

**Cuadro 2.**

Característica	Sistema mampostería de concreto	Sistema Habicon*
Peso / m <sup>2</sup> (kg/m <sup>2</sup> )	100%	20,5%
Energía Incorporada / m <sup>2</sup> (MJ/m <sup>2</sup> )	100%	36,6%
Energía Incorporada por año (MJ/a)	100%	42,3%

\*Habicon es un sistema prefabricado modular, levantado sobre pilotes de concreto, con un esqueleto estructural de vigas y columnas de madera unidas mediante conectores metálicos, que va revestido, tanto en paredes y tapicheles como en pisos, con paneles de microconcreto reforzado que se integran estructuralmente al esqueleto de madera como un todo tridimensional, gracias a su ingenioso sistema de fijación y a la forma novedosa en que se resuelven las juntas, incrementándose sustancialmente la resistencia del sistema. Se complementa con estructuras de techo prefabricadas de madera<sup>12</sup>.

## La madera de plantación, ¿el material del futuro?

En las dimensiones económica, social y ambiental, los bosques y las plantaciones

*La construcción biológica se basa en el estudio de las interrelaciones entre el ser humano, el ambiente construido y su entorno.*

forestales son fuente de recreación y esparcimiento, hábitat para la vida silvestre, protectores de la erosión de los suelos, productores de oxígeno e importantes secuestradores de carbono, absorbiendo el dióxido de carbono causante de los cambios climáticos y del calentamiento global del planeta. Una hectárea de bosque puede suministrar a la atmósfera de 20 000 a 30 000 litros de agua por día, influyendo decididamente sobre el régimen de lluvias y el clima de una zona<sup>17</sup>.

En los países desarrollados y con tradición forestal, la madera altamente tecnificada es considerada un material básico en la industria de la construcción. Los estudios científicos de los últimos años sobre este noble material y sus derivados (tableros contrachapados, madera laminada, tableros de partículas y de fibras, etc.) lo siguen consolidando como un material de gran belleza y de amplias aplicaciones, especialmente en vivienda y cuando se exige una alta relación resistencia-peso<sup>3</sup>.

Contrario a lo que se pueda pensar, el uso de la madera en estos países actualmente no implica la destrucción de sus bosques. Con las modernas técnicas de explotación forestal, hoy hay más árboles en Estados Unidos que hace 70 años: más de 295 millones de hectáreas de bosques<sup>22,23</sup>. Para valorar la magnitud de estas cifras, Costa Rica, con más de un 40% de su territorio cubierto por zonas boscosas (bosques primarios, secundarios y plantaciones forestales), posee apenas un poco más de dos millones de hectáreas<sup>16</sup>. En Estados Unidos, los propietarios particulares, las compañías madereras, los gobiernos estatales y el gobierno federal plantan alrededor de 1 700 millones de árboles al año, es decir, unos 4.6 millones de árboles al día, para garantizar la provisión de madera en el futuro<sup>22,23</sup>. En Gran Bretaña, la cobertura boscosa (10-11%) se ha duplicado en un siglo. El promedio europeo de cobertura es del 25% y sigue creciendo.

En estos países, la madera científicamente manejada es utilizada masivamente<sup>24</sup>.

En contraposición, en los países en vías de desarrollo como el nuestro, los avances tecnológicos logrados en torno al acero, el concreto y los plásticos, y el poco conocimiento que tienen nuestros arquitectos e ingenieros sobre las propiedades, técnicas de cultivo y procesamiento de la madera, son factores que han contribuido a que la madera termine considerándose como un material apto solamente para construcciones rústicas o temporales de poco valor, o limitada “*únicamente para hacer pequeños adornos en las casas y fabricar muebles*”<sup>6</sup>. El desestímulo que están sufriendo las plantaciones e industria maderera nacional, al no contar con un mercado amplio y rentable para sus productos, encarece la madera, reduce su calidad tanto en la plantación como en el aserradero, y propicia la dilapidación de nuestros bosques tropicales, al haber poca oferta en el mercado de maderas económicas y de calidad provenientes de plantaciones sostenibles que desestimulen la tala de bosques primarios.

Paradójicamente y en concordancia con lo mencionado en el párrafo anterior, a pesar de que las dos terceras partes del territorio costarricense son de vocación forestal y de que las tasas de crecimiento de los bosques en las regiones tropicales superan en mucho las alcanzadas en Norteamérica y Europa, Costa Rica sigue basando la construcción de sus viviendas en el concreto y el acero. Afortunadamente, en los últimos años, en un esfuerzo sin precedentes, el país logró reforestar más de 170 000 hectáreas. Este esfuerzo, promovido con incentivos estatales, se perderá irremediamente si la madera cosechada no es absorbida por el mercado. El Sector de la Construcción está llamado a jugar un papel muy importante en esto<sup>12</sup>. Así como el desarrollo vertiginoso de la industria ecoturística, que resultó ser un gran negocio, incentivó la

vocación ecologista de los costarricenses, la industria forestal sostenible, concebida adecuadamente, hará lo propio en favor de la protección e incremento de nuestra masa boscosa, transformando potreros y tacotales en plantaciones forestales, como ha sucedido en tantos países desarrollados, de paso generando y distribuyendo riqueza. El país tiene los recursos y está en capacidad de asumir responsablemente este reto.

## Los mitos de la madera

Hacen mal quienes tratan la madera de forma superficial: la madera tiene el valor inapreciable, por no decir único, de ser una de las pocas fuentes naturales de recursos que el hombre es capaz de renovar. El petróleo se está agotando, otros minerales se agotarán, pero un bosque bien cuidado e incluso muchas veces sin cuidar, producirá madera de forma indefinida. Actualmente, la madera se mantiene en destacados lugares de la economía mundial, tanto por las elevadas cifras de producción anual (más de 2 500 millones de metros cúbicos), como en los distintos mercados internacionales, dado el aprecio existente por sus cualidades y propiedades físicas, químicas y mecánicas que la hacen, por ahora, insustituible<sup>17</sup>.

De amplia disponibilidad y belleza, la madera requiere relativamente de pequeñas cantidades de energía en su procesamiento y transporte, tiene buenas propiedades de resistencia a la tensión, compresión y flexión (relación peso específico-resistencia mecánica altamente favorable), es liviana, de relativo bajo costo, fácil de trabajar y acoplar mediante uniones simples, excelente aislante térmico, eléctrico y acústico cuando está seca, y sus elementos entrelazados son muy elásticos, dando estabilidad al sistema ante solicitaciones horizontales como viento y sismo.

En contraste con las propiedades mencionadas, son pocos los factores limitantes de su uso. Cuatro mitos se

confabulan alimentando el miedo a emplear madera en la construcción<sup>11</sup>:

- *El desconocimiento de sus características.* Nuestros ingenieros, arquitectos y constructores por lo general conocen poco acerca del adecuado manejo, propiedades, comportamiento y ventajas estructurales y decorativas de la madera. A esto se suman prácticas forestales, de procesamiento, secado, preservación, manipulación y almacenamiento inadecuadas, que afectan la calidad de la madera, principalmente la de plantación, desestimulando su uso. Ambas circunstancias propician el fácil expediente de buscar las cualidades deseadas en las maderas del bosque natural, estimulando la deforestación indiscriminada.
- *Su predisposición a la descomposición.* Debido al origen orgánico de la madera, la pudrición y el ataque de insectos puede ocurrir cuando confluyen cuatro condiciones: temperatura favorable (entre 15 y 30 grados centígrados); presencia de oxígeno; contenido de humedad superior al 20% y alimento (fibra de madera)<sup>22,23</sup>. No es común que estas condiciones combinadas se den en ambientes interiores de una vivienda (pisos, paredes, revestimientos, cielos rasos, escaleras, marcos, puertas, ventanas, vigas, etc.). Hongos y esporas sólo aparecen cuando hay defectos constructivos, como techos con goteras, aislamientos deficientes, roturas en las cañerías, humedad ascendente por capilaridad, etc. En todo caso, también existen modernas *técnicas de preservación*, tanto en su vertiente xilófaga como abiótica, que incluyen preservantes de origen orgánico no tóxicos que hacen de la madera un material incomedible. No debe olvidarse que los productos inorgánicos también necesitan de tratamiento para su conservación: es necesario proteger contra la corrosión

*La construcción biológica es una filosofía de construcción que busca edificar espacios saludables, mejorar la calidad de vida, preservar la especie humana y el ambiente, conceptualizando a la vivienda como una tercera piel.*

el acero y el hierro con pinturas especiales y nadie discute esta necesidad<sup>15</sup>. Adicionalmente, estudios realizados en Europa indican que si bien la preservación de la madera incrementa su costo en alrededor de un 25%, considerando en forma muy conservadora un incremento en su vida útil de entre 3 y 5 años, se obtienen ahorros anuales que fluctúan entre un 44% y un 80%. De esta forma, la madera, en razón de su tratamiento protector, pasa de ser una importante materia prima perecedera a ser un material más económico y de una larga vida de servicio<sup>19,18</sup>.

- *Su inestabilidad dimensional.* Por ser un material higroscópico, que se hincha cuando absorbe agua y se contrae cuando la pierde, si el contenido de humedad de la madera no corresponde con la humedad de equilibrio higroscópico del lugar donde se va a utilizar, la madera puede experimentar cambios en su forma y color, grietas, rajaduras y deformaciones como abarquillados, encorvaduras, arqueaduras y torceduras, además del ataque de hongos e insectos. Este problema también está perfectamente solucionado con el correcto *secado* de la madera, ya sea a base de aire natural o por métodos especiales. El secado de la madera aporta las siguientes ventajas: estabilidad en forma y dimensiones; mayor resistencia mecánica; mejores propiedades térmicas, acústicas y eléctricas; menor peso, favoreciendo su transporte y manipulación; y mayor resistencia biológica, especialmente contra la pudrición y las manchas<sup>15</sup>.
- *Su comportamiento ante la acción del fuego.* Las estadísticas demuestran que la mayoría de los incendios se inician en elementos combustibles contenidos en la construcción siniestrada (muebles, alfombras, cortinas, papeles, sustancias inflamables, etc.) o por

cortocircuitos. Iniciado el incendio, tiene importancia relativa si algún elemento es poco o muy inflamable. Lo que sí tiene importancia es la existencia de elementos de construcción que al quemarse despidan gases tóxicos<sup>21</sup>.

La madera, si bien es combustible, no es inflamable<sup>21</sup>. Debido a su estructura celular y muy baja conductividad del calor, resiste el desarrollo del fuego; la posibilidad de que arda depende de su distancia respecto al foco de fuego y de que sea alcanzada directamente por las llamas. No ocurre lo mismo con el hierro, el cual, por efecto del calor, colapsa: un ejemplo sobrecogedor de este comportamiento es lo que le ocurrió al *World Trade Center* en Nueva York. Otro tanto sucede con el hormigón, superados los 500°C. Por ejemplo, en una construcción de paredes de mampostería y techo de madera, éste arderá por lo general recién cuando todo el local esté en llamas. La estructura de madera, al encenderse, pierde de medio a un milímetro por minuto de espesor o altura, dependiendo del tipo de madera, por carbonización de las caras expuestas al fuego. Sólo basta recordar lo que dura un leño en carbonizarse en una fogata. El calor comienza a evaporar la humedad intercelular de la madera y, mientras ello ocurre, aumenta su resistencia, contribuyendo a compensar la reducción de la sección. Este proceso de carbonización genera, además, cenizas que retardan la acción del fuego. Cuando la temperatura alcanza de 400°C a 500°C, la madera arde sin dejar de carbonizarse. Es común que al concluir el incendio, la estructura de madera carbonizada quede en pie, debiendo ser demolida por los bomberos. Estos conocen muy bien el proceso de un incendio y sólo en circunstancias extremas, se exponen a permanecer bajo estructuras de hierro u hormigón mientras combaten el fuego. Otro aspecto por considerar es que la madera posee un coeficiente de dilatación térmica muy bajo (0,000004 mm/°C), por lo cual los empujes por calentamiento en

apoyos y empotramientos son mínimos, evitándose los colapsos por esta razón<sup>21</sup>.

También existen agentes ignífugos de distinto tipo (por acción superficial; por intumescencia; por evaporación de agua; por interferencia de la combustión) que no representan problemas para la salud ni emiten gases tóxicos durante el siniestro. La madera tratada con retardantes para fuego puede soportar cargas de diseño por

un largo periodo de tiempo, permitiendo el abandono de los ocupantes y brindando tiempo adicional para combatir el incendio. Los químicos impregnados reaccionan a temperaturas ligeramente por debajo del punto de ignición de la madera, emitiendo vapores no combustibles y produciendo un carbón sobre la superficie de la madera que sirve de aislante. Este carbón inhibe la ignición y reduce la expansión de las

Cuadro 3.

Criterios de evaluación	Detalle	Madera maciza	Mortero de cemento	Concreto armado
1 – Material natural	Según tipo de manufactura y compuestos extraños.	3	1	0
2 – Comportamiento	Riesgos desde el punto de vista biológico y ecológico.	3	0	0
3 – Problemática de entorno	Existencia de materiales, fabricación, traslado, remoción de desperdicios.	3	2	0
4 – Requerimientos de energía	Producción de materiales, construcción, transporte, remoción de desechos.	3	1	0
5 – Radiactividad	De los materiales. Gas Radón.	3	0	1
6 – Comportamiento eléctrico	Cargas electrostáticas, conductibilidad eléctrica, ionización.	3	3	1
7 – Características térmicas	Temperatura de superficie, conducción, acumulación y barreras de calor.	3	1	0
8 – Características acústicas	Sonidos y resonancias; absorción de ruidos; en construcciones livianas se descuenta la colocación de paredes dobles.	3	2	1
9 – Permeabilidad a las microondas	Investigaciones del Dr. Endrös.	3	-	0
10 - Difusión / Respiración	Considerando dimensiones usuales.	3	1	0
11 - Higroscopicidad	Materiales sin tratamientos superficiales.	3	2	0
12 - Humedad / Tiempo de secado	Materiales sin tratamientos superficiales.	3	0	0
13 - Absorción / Recuperación	Materiales sin tratamientos superficiales.	3	1	0
14 - Vapores y gases tóxicos	Materiales sin tratamientos superficiales y sin componentes de las colas.	3	3	3
15 – Olores	Agradables, neutros, repulsivos.	3	1	0
16- Resistencia de la piel (galvanometría)	Hasta ahora sólo experiencias a pequeña escala.	3	-	0
	<b>NOTA:</b>	<b>3</b>	<b>1,3</b>	<b>0,4</b>

Criterios de valoración: 0 – Con carencias importantes, desechable.  
 1 – Con algunas carencias, dudoso.  
 2 – Con carencias mínimas, recomendable.  
 3 – Inobjetable, muy recomendable.

llamas, la cantidad de humo y los vapores tóxicos que son emitidos por el fuego (ASTM-D 2898)<sup>22,23</sup>.

### La madera: material biológico sostenible

La sostenibilidad es un aspecto de capital importancia para la sociedad en general y para el Sector de la Construcción en particular, ya que este Sector consume el 50% de los materiales extraídos de la naturaleza, produce el 50% de los desechos y consume el 40% de la energía<sup>2</sup>.

La madera es un producto natural renovable. Será sostenible siempre y cuando provenga de plantaciones forestales o bosques manejados científicamente, certificados, con alto valor tecnológico agregado, en los que la madera cosechada no exceda a la madera que crece en la plantación o en el bosque. La experiencia de los países desarrollados demuestra que la mayoría de las compañías forestales, por razones comerciales y de crecimiento, siembran mucho más de lo que cosechan<sup>24</sup>.

No en vano, con base en criterios de bioarquitectura y utilizando 16 parámetros de evaluación (Cuadro 3), el prestigioso *Institut für Baubiologie & Oekologie Neubeuern* (Instituto de Bio-Construcción y Ecología) de Alemania otorgó a la madera cosechada las más altas calificaciones desde el punto de vista ecológico, convirtiendo a la madera cosechada en el patrón con que se mide el comportamiento ecológico de los demás materiales. En una escala de 0 a 3, la madera obtuvo un 3, mientras que el mortero de cemento y el concreto armado, siendo de los materiales más utilizados en la construcción, apenas alcanzaron, respectivamente, 1,3 y 0,4<sup>21</sup>:

Cuadros como este, perfectibles conforme avance la ciencia, tienen por objeto promover la apreciación bioarquitectónica de cada material, elemento, componente de construcción, vivienda o edificio, y propiciar el desarrollo, mejoramiento y

uso de materiales compatibles con la vida como la madera, frente a otros que no lo son tanto.

Tampoco es de extrañar que múltiples estudios y publicaciones consideren a la madera como uno de los materiales más benignos para vivir con él. No hay que olvidar que a los materiales de construcción les cabe la sentencia de Justus von Liebig: “...cuando la vida está en contradicción con la ciencia y la tecnología, la razón siempre está del lado de la vida”.

El uso de maderas de bosques administrados de forma sostenible en América Latina, certificados con sello verde tipo *Smart Wood* de *Rainforest Alliance* o el prestigioso sello del *Forest Stewardship Council (FSC)* auspiciado por el *World Wildlife Fund (WWF)* está provocando furor en los consumidores del mundo desarrollado. Ya se ha certificado bosques en más de 14 países latinoamericanos, incluyendo Costa Rica. Con la madera certificada se produce una fusión de los conceptos de calidad y preservación; éste es el rumbo que está tomando el mercado mundial de la madera, abriendo amplias posibilidades para países de vocación forestal y ecologista como Costa Rica<sup>20</sup>.

Indudablemente, la adaptación y transferencia de tecnologías para el manejo sostenible de los bosques y el tratamiento y secado de sus productos con novedosas tecnologías, constituye la base fundamental para ampliar las posibilidades de uso de la madera con un alto grado de confiabilidad, y así poder llegar a considerarla como una alternativa sostenible que contribuya a la solución de uno de los mayores flagelos de nuestros tiempos: *el déficit de vivienda*.

La evidencia científica es abrumadora y abundante. No hay duda de que la madera, manejada en forma sostenible, es un material renovable y sostenible el que afecta menos al ambiente que cualquier otra alternativa. El uso de madera como esqueleto estructural de las construcciones implica que se requiere menos material

... el déficit habitacional es uno de los mayores flajelos de la humanidad.

que en el caso de paredes de concreto. Asimismo, las construcciones livianas tienen un efecto positivo, ya que requieren de fundaciones más livianas<sup>7</sup>, sin olvidar que el efecto sísmico es directamente proporcional al peso de las estructuras.

Lamentablemente, en nuestra sociedad moderna ha privado el concepto cuantitativo sobre el cualitativo, y estos asuntos que tienen que ver directamente con la calidad de vida del ser humano, se han ido dejando en el olvido; se arguye que no hay tiempo que perder, que es necesario construir muchas viviendas en poco tiempo y baratas, para albergar la creciente explosión demográfica y la inmigración del campo a las grandes urbes. Así, millones de individuos han podido pasar de golpe de un medio biológicamente sano, pero pobre en prestaciones sociales, a un medio en el que cubren sus necesidades básicas, pero es escasamente biótico.

## Bibliografía

1. American Institute of Architects. *Environmental Resource Guide*. NY. John Wiley and Sons, 1996.
2. Anink, D.; Boonstra, C.; Mak, J. *Handbook of Sustainable Building*. James & James. Londres, Inglaterra: 1996.
3. Argüelles-Álvarez, R. *Cálculo de Estructuras de Madera*. AITIM. Madrid, España: 1969.
4. Blanco, K. *Metodología de evaluación de energía incorporada en materiales de construcción. Análisis de tres sistemas constructivos en Costa Rica*. CIVCO-ITCR. 1999.
5. Boletín Asociación de Estudios Geobiológicos, GEA. *Boletín GEA*. España: Marzo de 1995.
6. Boza, M. *El país pierde con casas de madera*. Revista C.C.C. Vol. 46, agosto 2000.
7. Bueno, M. *El Gran Libro de la Casa Sana*. Nueva Era. México, D.F.: 1994.
8. Bueno, M. *Vivir en Casa Sana*. Nueva Era. Barcelona, España: 1988.
9. Büro für Umweltchemie. *Graue Energie von Baustoffen*. Suiza: Nov. 1998.
10. Buwal. *Ökologische Bewertung mit Hilfe der Grauen Energie*. Suiza: 1999.
11. *Cuadernos de Edificación en Madera*. Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Universidad del Bío-Bío. Concepción, Chile: 1990.
12. Fournier, R. *Construcción verde*. Revista C.C.C. Vol. 44, junio 2000.
13. Hart, Sara. *Wood vs. Steel: Two industries scuffle in a public relations battle for green bragging rights*. En *ARCHITECTURE*, Abril 1999. pp. 134-135.
14. ITCR. *Patente de Invención: Sistema de construcción prefabricado integral para edificaciones modulares livianas*. Cartago. Mayo del 2004.
15. Junta del Acuerdo de Cartagena. *Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas*. Lima, Perú: 1989.
16. *La Nación*, 21 de agosto del 2000.
17. Océano/Centrum. *Biblioteca Atrium de la Madera*. Editorial Océano. Barcelona, España: 1992.
18. Peraza, F. *Patologías y Protección de la Madera*. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de Madera y Corcho, AITIM. Madrid, España: 1994.
19. Rodríguez, J. A.; Arriaga, F. *Patología, Tratamiento y Consolidación de la Madera Puesta en Obra*. Asociación de Investigación Técnica de las Industrias de Madera y Corcho, AITIM. Madrid, España: 1989.
20. Schatz, A.; Triana, A. *Crece la moda de la madera ecológica*. The Wall Street Journal. Estados Unidos.
21. Schneider, A. *Construcción Biológica. Institut für Baubiologie & Oekologie Neubeuern*, Alemania: 1988.
22. Southern Forest Products Association (SFPA); Southern Pine Marketing Council (SPMC). *Guía para los Usos de Pino del Sureste*. New Orleans, Estados Unidos: 1988.
23. Southern Forest Products Association (SFPA); Southern Pine Marketing Council (SPMC). *La Madera de Southern Pine Tratada a Presión*. New Orleans, Estados Unidos: 1988.
24. Talbott, J. *Simply Build Green*. Findhorn Foundation. Escocia: 1995.