

El bambú en la construcción: nueva técnica

Milena Sosa G.

RESUMEN

El Bambú, ha sido utilizado tradicionalmente en construcción como sustituto de la madera en la fabricación de estructuras. Su peculiar constitución física así como sus excelentes condiciones mecánicas han generado experimentos en los cuales el bambú es empleado como refuerzo del concreto. En el presente artículo se estudia el material cuando es empleado en construcción, exponiéndose sus ventajas y desventajas. Así mismo, se evalúa la factibilidad del uso del concreto armado en el diseño de estructuras reforzadas en bambú. En función de ello se presentan, a lo largo del tiempo, una serie de obras en donde este material es empleado para tal fin, determinándose sus características mecánicas, sus principales desventajas así como las técnicas para resolver o minimizar dichos inconvenientes.

En las conclusiones se reafirma las ventajas de ésta técnica para los países en vías desarrollo.

ABSTRACT

Bamboo in construction: new technique

This article describes the efforts being made in developing materials of construction from local resources.

An extensive survey of the potential uses of the bamboo has been carried out. Physical properties of this material have been determined and its use as a substitute for steel in conventional reinforced concrete has been investigated. Feasibility and limitations of the novel process are discussed.

Encouraging results are obtained regarding the production of strong and durable materials of construction.

DESCRIPTORES

Bambú
Concreto reforzado
Material de construcción

INTRODUCCIÓN

El Bambú es uno de los materiales naturales más empleado por el hombre desde tiempos ancestrales. Por sus extraordinarias cualidades físicas ha sido el material de construcción de uso más diversificado: se ha utilizado en acueductos, diques, puentes así como en estructuras diversas.

Conscientes del problema inflacionario mundial así como del costo creciente de los materiales de construcción corrientes, diversos investigadores han desarrollado tecnologías adecuadas para poder reintroducir en la edificación materiales tradicionales actualmente en desuso, tal es el caso del bambú.

En relación a la técnica del hormigón armado se ha explorado la posibilidad de substituir el acero, debido a su alto costo, por materiales locales menos onerosos. Entre ellos, el que mejores resultados ha aportado es el bambú.

A continuación, se exponen algunas aplicaciones que se le han dado a esta alternativa de construcción, así como resultados de las investigaciones más resalantes efectuadas hasta la fecha.

1. PRESENTACIÓN DEL MATERIAL

Botánicamente, el bambú está clasificado como *Bambusae*, una tribu de la extensa familia de las *Gramineae*.

Estructuralmente está constituido por un sistema de ejes vegetativos segmentados que forman alternadamente nodos y entrenodos. (ver foto 1).

Las cavidades de los internodos adyacentes están totalmente separados por un diafragma transversal que le imparte rigidez, flexibilidad y resistencia. (ver foto 2).

Debido a las ventajas que proporciona su constitución física es principalmente usado en estructuras, como sustituto de la madera. (ver foto 3)

FOTO 1

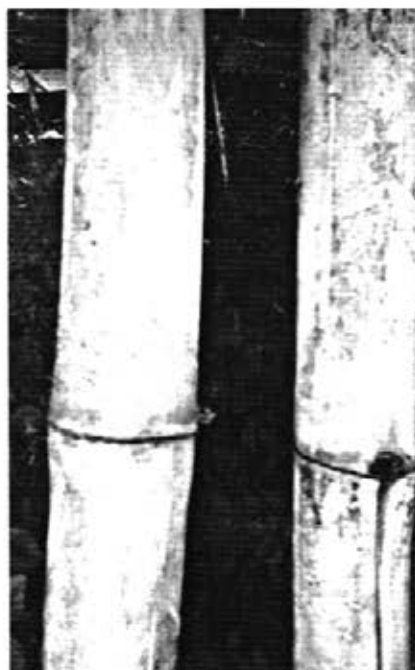


FOTO 2



La construcción del modelo en bambú fue realizada por Roberto Puchetti y Max Rengifo, como ejercicio de diseño 2.6, en la Unidad Docente 00 de la FAU-UCV, en el año 1993.

FOTO 3



MILENA SOSA

El ejemplo más claro del buen uso de este material como refuerzo estructural y de su excelente comportamiento, viene dado por las paredes que se construyen con entramados de bambú, varillones y latas (tiras de bambú) relleno luego y frisando con barro.

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.

En las especies más comunes, el diámetro del bambú varía entre 2,30 cms., con longitudes que van desde los 3 a los 35 mts. (MC. CLURE, F.A., 1953).

Entre los tres y seis años, el bambú alcanza su máxima resistencia por lo cual es en ese momento que puede ser empleado en construcción.

2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL EMPLEO DEL BAMBÚ EN CONSTRUCCIÓN

En comparación con la madera, el empleo del bambú como elemento estructural presenta grandes ventajas y desventajas.

2.1. Ventajas

1. Bajo costo y rentabilidad de la cosecha.
2. Por lo general, el bambú está dotado de excelentes características físicas, que le permiten su empleo para todo tipo de miembros estructurales: cables para puentes colgantes, estructuras rígidas hasta modernos armazones geodésicos y laminados.
3. Su forma circular y su sección hueca, lo hace ser un

material liviano fácil de transportar y almacenar.

4. La existencia del tabique o pared central lo hace ser más rígido y elástico evitando su ruptura al curvarse.
5. La constitución de las fibras de las paredes permite que sea cortado transversal o longitudinalmente en piezas de cualquier magnitud, empleando para ello herramientas sencillas.
6. La superficie natural del bambú es lisa, limpia y de color atractivo.
7. Además de usarse como elemento estructural, puede tener otros tipos de empleo en la construcción: tuberías para el transporte de agua, encofrado, apuntalado y soporte, casetones, tejas, paneles de cerramiento, etc.
8. Puede emplearse en colaboración con otros materiales de construcción e incluso con el concreto.

2.2. Desventajas

1. El bambú en contacto con la humedad se pudre siendo atacado por los insectos.
2. Cuando se seca, el bambú es un material altamente combustible.
3. Cuando envejece pierde su resistencia
4. No mantiene un diámetro igual es toda su longitud, tampoco es constante el espesor de sus paredes.
5. Al secarse se contrae reduciéndose su diámetro.
6. Las uniones no se pueden hacer a base de empalmes (como en la madera)
7. En el bambú debido a su tendencia a rajarse no debe ser clavado.

Muchas de las desventajas citadas pueden ser superadas con la aplicación de preservativos apropiados, con un buen diseño estructural y siguiendo las normas apropiadas para la preparación y aplicación del material.

Debido a sus ventajas 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.

3. TÉCNICA DEL CONCRETO ARMADO CON BAMBÚ: INVESTIGACIONES PREVIAS

El Bambú ha sido empleado como refuerzo para el concreto desde hace muchas décadas. Los chinos fueron los primeros en realizar investigaciones este campo, así como los primeros en aplicar dicha técnica. En 1.919, se construyó un cuarto frío en el edificio de la Export Co. en Nanking. Así mismo, se usó para la construcción de los pilotes de fricción de algunos puentes del ferrocarril Szechuan-Hankow, también para placas de concreto reforzadas con bambú en un hospital de Cantón. (HIDALGO LÓPEZ, O., 1.974).

Con el incremento de la producción industrial del acero, el interés de bambú como refuerzo decreció. No es sino hasta 1.935 cuando K. DATTA se interesa de nuevo y recomienza las investigaciones acerca de este tema. Dicho investigador precisó que un miembro de concreto reforzado con bambú sujeto a compresión ofrece mayor resistencia que uno no reforzado. (DE YAVORSKY, R., et al., 1.991: 2-4).

Durante la II Guerra Mundial, tanto las fuerzas americanas como japonesas usaron el bambú como refuerzo en estructuras militares de emergencia (BERWANGER, C. et al., 1.986). Un artículo (citado por BERWANGER, C., 1.986) describe la construcción en Japón en 1.941, de un puente reforzado con bambú, el cual se encuentra todavía en servicio.

Durante los años 1.943 y 1.944, tres estructuras experimentales: una tienda de aeroplanos, un tanque y una residencia fueron construidas en el *Clemson Agricultural College*, South Carolina USA (GLEN, H.H., 1.950). Se emplearon diferentes elementos estructurales tales como: vigas continuas y simples de sección transversal rectangular y "T", placas prefabricadas, placas planas, muros de contención, columnas y losas de piso, todas ellas reforzadas con bambú, al cual le fue aplicado diferentes tratamientos.

PURUSHOTHAN, reportó la construcción de varias estructuras experimentales construidas en el *Instituto de Investigaciones Forestales*, Dehran Dun, India, entre las cuales se puede citar: un tanque de agua, una parada de autobuses. Posteriormente, NARAYAMA y

REHMAN, COX y GEYMAYER reportaron también estructuras experimentales reforzadas con bambú. (SUBRAHNANANYAM, B.V., 1.985)

En el edificio central del *Instituto de Investigaciones del CBRI*, Roorkee (India) edificado en 1.962, se construyó una placa de techo de dimensiones 3,6 X 7,2 mts. con bambú tratado y seco como refuerzo. Tiempo después, la inspección del refuerzo de la placa reveló que no existía deterioro. Así mismo, dicha placa fue sometida a las pruebas de cargas recomendadas por las normas para estructuras de concreto vigentes en la India resultando con una resistencia mayor a la solicitada. Después de 30 años de servicio, la estructura continúa en buenas condiciones (SUBRAHNANANYAM, B.V., 1.985).

Entre 1.970 y 1.980, la bibliografía examinada nos presenta diferentes obras reforzadas con bambú que van desde pequeños elementos hasta un pavimento de concreto construido en Tailandia.

MURTHY (1.986), reportó la construcción de un tanque elevado con concreto reforzado con bambú. La losa de fondo consiste en una placa de dimensiones 10 x 50 x 100 cms ensamblada y soportada por vigas de concreto reforzado con bambú con una sección transversal de 25 x 50 cms. y de 3 mts. de luz. Se le cargó con una profundidad constante de 1 mt. de agua no presentando signos visibles de fracturas, agrietamiento o daños. Así mismo, informó que casas de bajo costo con placas, vigas, columnas y paredes de concreto reforzado con bambú pretratado, fueron construidas al mismo tiempo que el tanque hasta el momento no han mostrado ningún indicio de falla (MURTHY, D.K., 1.986).

4. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL BAMBÚ

La resistencia del bambú ha sido estudiada por numerosos investigadores. Estas experimentaciones han permitido determinar las propiedades mecánicas de este material en tensión, compresión y flexión (ver cuadro 1 y gráfico 1).

Se ha establecido que su resistencia es influenciada por numerosos factores entre ellos principalmente se puede citar: la especie, el tipo de suelo, las condiciones climáticas, la edad de corte y el contenido de humedad inicial.

PURUSHOTHAN, bambú de la India; WU, bambú taiwanés (SUBRAHNANANYAM, B.V., 1.985); GLEN, bambú norteamericano (GLEN, H.E., 1.950); e, HIDALGO (Bambú colombiano (HIDALGO, O., 1.983) precisaron que la resistencia y el módulo de elasticidad aumentaban de acuerdo a su madurez. Por lo tanto, cualquier especie de bambú debe ser cortado después que éste alcance su madurez (entre 3 y 6 años).

En general, se ha comprobado que la resistencia del bambú es menor en los nodos que en los entrenodos. Algunos investigadores consideran que este parámetro decrece con la altura, es decir que la resistencia es menor en el extremo superior que en el basal. Sin embargo, en experimentos realizados por HIDALGO (1.983) en bambú colombiano no se encontró marcada diferencia que pudiera ratificar ese concepto por el contrario, en algunos casos, el tramo superior resultó ser mas resistente que los inferiores.

La influencia negativa del contenido de humedad en la resistencia del bambú ha sido estudiada con profundidad; en sus ensayos YOUSSEF (citado por GEYMAGER et al, 1970) observó que comparado con bambúes secos, el bambú verde con cerca 39 % de humedad poseía sólo el 60 % de la resistencia a tracción, y entre, el 30 y el 35 % de la resistencia a compresión y a flexión. Como se puede apreciar este comportamiento se asemeja al de la madera.

Resultados de otros investigadores ratifican lo obtenido por YOUSSEF, sin embargo los datos obtenidos por COX y GEYMAYER (1.970) no permiten extraer conclusiones a este respecto. En sus experiencias, los especímenes que soportaron mayores cargas a tensión fueron los que tenían menor contenido de humedad.

En el cuadro 2 y gráfico 2, se recapitula la resistencia a la ruptura (en MPa) del Bambú (variedad corriente) en relación al Cedro, madera clásica en construcción. Se observa que el bambú presenta resistencias dos veces mayores en compresión axial, tres o cuatro veces superiores en tracción axial, cinco veces mayores en flexión estática y más de seis veces superiores en compresión transversal. Dichos resultados evidencian que la superioridad de la resistencia mecánica del bambú debido a su estructura se encuentra a nivel de las fibras.

Además de permitir establecer la resistencia del bambú, las experimentaciones realizadas han permitido determinar los principales problemas del empleo de este material como refuerzo del concreto.

5. EMPLEO DEL BAMBÚ COMO REFUERZO DEL CONCRETO: PROBLEMAS DETECTADOS, SOLUCIONES EXPERIMENTADAS.

DE YAVORSKY Y NIEVES (1.991), así como otros investigadores establecieron que los principales problemas del empleo del bambú como refuerzo son los siguientes:

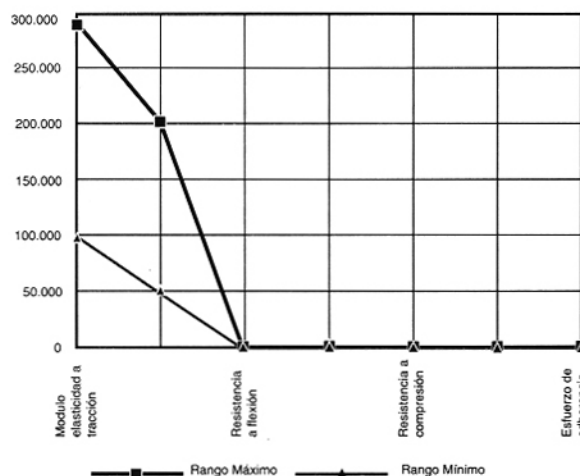
- contenido de humedad variable
- bajo módulo de elasticidad
- baja adherencia al concreto
- variabilidad de diámetros y largos
- alta rata de absorción de humedad

**CUADRO 1
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL BAMBÚ**

Resistencia a tracción	775 a 3.772 kg/cm ²
Módulo de elasticidad a tracción	98.900 a 282.460 kg/cm ²
Resistencia a compresión	226 a 1.000 kg/cm ²
Módulo de elasticidad a compresión	46.907 a 197.826 kg/cm ²
Resistencia a flexión	350 a 2.500 kg/cm ²
Rango de diseño (para d A L/360)	entre 210 y 400 kg/cm ²
Esfuerzo de adherencia	2,4 a 15 kg/cm ²

C.F.: DE YAVORSKY I. (R.), NIEVES A. (M.). *Uso del Bambú como Refuerzo del Concreto Armado*, (p. 5-9).

**GRÁFICO 1
PROPIEDADES MECÁNICAS DEL BAMBÚ**



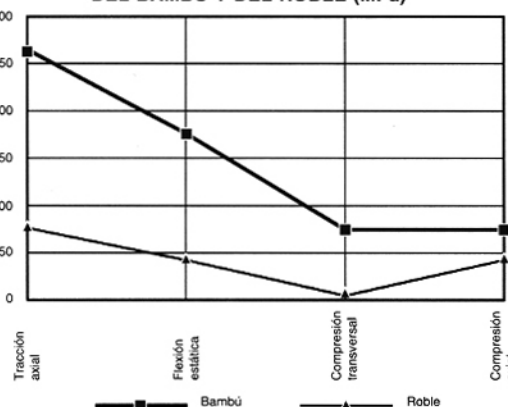
C.F.: Elaboración Propia en base al Cuadro N° 1

**CUADRO 2
COMPARACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA A LA RUPTURA DEL BAMBÚ Y DEL ROBLE**

RESISTENCIA A LA RUPTURA	BAMBÚ	ROBLE
Compresión Axial	62,1 a 86,2	25,6 a 49,5
Tracción axial	148,4 a 384,3	24 a 99,8
Flexión estática	76,3 a 276	24 a 55,6
Compresión transversal	52,5 a 93	6,1 a 8,3

C.F.: Elaboración Propia en base a datos tomados de K. DUNKELBERG (1.985) citado por CABRILLAC (R.), BUYLE-BODIN (F.) otros, *ETUDE DES POSSIBILITE D'UTILISATION DU BAMBOU...*

**GRÁFICO 2
COMPARACIÓN ENTRE LAS RESISTENCIAS A LA RUPTURA DEL BAMBÚ Y DEL ROBLE (MPa)**



C.F.: Elaboración Propia en base al Cuadro N° 2

• mineralización de la fibra debido a la agresión del medio alcalino

Estos problemas han sido objeto de numerosas investigaciones, en ellas por medio de materiales complementarios o de técnicas diversas se ha logrado minimizar dichos inconvenientes.

Con respecto a la variación del contenido de humedad a lo largo de su tallo, a medida que aumenta la edad del bambú disminuye su contenido inicial de humedad. De acuerdo a esto, diversos investigadores han recomendado que el bambú sea cosechado en el período de sequía, momento en que el contenido de humedad es menor en el tallo reduciéndose, en consecuencia, los cambios dimensionales. Así mismo, es importante dejar secar bien el material antes de ser empleado.

Cuando el bambú es utilizado como refuerzo estructural se ha establecido que éste debe quedar totalmente inmerso en la masa del concreto, esto para evitar que la humedad exterior deteriore las partes que queden expuestas.

Para mejorar la adherencia del bambú con el concreto se han ensayado innumerables tratamientos basados principalmente en la reducción de la superficie lisa del mismo.

Una variedad de materiales han sido empleados con éxito, entre los cuales se puede nombrar: barniz y emulsión asfáltica (GLEN, H.E., 1.950); pintura y mezcla de alcohol con resinas (MEHRA, citado por SUBRAHMANANYAM, B.V., 1.985); mezcla de parafina, resina y aceite de linaza (GLEN, H.E., 1.950); mezcla de bitúmen y kerosén (NARAYAMA et al, citado por SUBRAHMANANYAM, B.V., 1.985).

En general, estos tratamientos aumentan la resistencia y el módulo de elasticidad del material.

En otra experiencia, el bambú es curado por medio de la impregnación de su superficie con resinas de poliéster posteriormente se le rocía con arena a objeto de obtener una cara rugosa e impermeable (GEYMA-YER, 1.970). Este tratamiento mejora la adherencia bambú-concreto reduciendo, así mismo, su absorción de humedad.

Otra técnica para reducir la absorción de humedad incluyen el uso de concreto de alta resistencia (menor relación agua-cemento) y de fraguado acelerado. En este caso, el concreto alcanza una alta resistencia rápidamente por lo cual puede soportar mejor los esfuerzos provocados por las fuerzas expansivas del bambú. (DE YAVORSKY, R., et al., 1.991: 4-5)

Entre los problemas de importancia capital cuando se usan fibras vegetales, como lo es el bambú, en relación a un medio alcalino como el concreto, se tiene la degradación biológica de las fibras que puede llegar

hasta su mineralización. En ese momento, las fibras pierden sus características de maleabilidad y resistencia, en consecuencia se reduce la resistencia del elemento constructivo (SOSA G., M., 1995:35)

Este fenómeno ha sido estudiado a fondo proponiéndose dos enfoques de solución:

- el primero, más generalizado, incide sobre las fibras por medio de la impregnación de éstas de una sustancia hidrófuga e antifungicia antes de introducirlas en el concreto. A este respecto, DE YAVORSKY y NIEVES (1.991) demostraron la versatilidad del asfalto para la solución de estos problemas específicos (absorción de agua y alcalinidad de la matriz)

- el segundo enfoque se basa en el empleo de matrices no alcalinas: entre ellas, el cemento no alcalino ha sido utilizado a pesar que se incrementa el costo final del material compuesto.

6. CONCLUSIONES

El alto costo de los materiales de construcción tradicionales, situación que hace cada vez más prohibitiva el acceso a la vivienda para la población de bajos ingresos, ha generado investigaciones en donde la reutilización de materiales desechados por medio de técnicas innovadoras permiten la producción de materiales de calidad aceptable a menores costos, tal es el caso del Bambú como refuerzo del concreto.

Las experiencias realizadas hasta el presente permiten afirmar que dicho material puede ser efectivamente utilizado como sustituto del acero en el concreto armado, especialmente en los países en vías de desarrollo en donde la escasez y su costo hacen del acero un material de difícil adquisición. Las aplicaciones reportadas hasta ahora indican que el costo disminuye en un orden del 20 al 50 % (SUBRAHMANANYAM, B.V., 1.985:20).

Aún en los países en donde el acero no es escaso, la utilización del bambú puede ser ventajosa como refuerzo de estructuras secundarias o de aquellas sujetas a bajos niveles de carga. Siempre y cuando se tomen las debidas precauciones para reducir en lo posible los inconvenientes intrínsecos de dicha técnica, especialmente aquellos relacionados con la adherencia concreto-bambú.

Así mismo, las experimentaciones han permitido determinar los aspectos que necesitan un estudio más específico, entre ellos la resistencia a largo plazo, durabilidad y comportamiento estructural de los diferentes elementos reforzados con bambú. No obstante estas contingencias, el bambú como refuerzo puede ser empleado efectivamente con las bases de conocimiento actualmente establecidas.

Esta técnica así como todo sistema que facilite el empleo constructivo del material bambú se debe promocionar primero en el área rural, ya que es un material que se produce y se utiliza en los campos, es allí donde está la materia prima, la técnica constructiva y la mano de obra.

Ahora bien, si el uso del bambú se masifica, los bosques o manchas de este género estarían en riesgo de extinción, así mismo su costo que actualmente es

interesante por su economía, se incrementaría a niveles cercanos a las maderas corrientes.

Estas razones nos orientan a recomendar la generación de una "*Política Integral de siembra de bosques de bambú*" en forma técnica y controlable con especies específicamente seleccionadas para sus diferentes empleos: en la construcción, en la producción de pulpa para papel, en artesanías y otras actividades.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BERWANGER, C., ALAEDDINE, A. y otros. (1986). *The flexural strength of bamboo reinforced concrete inverted T- beams*. En Use of vegetable plants and their fibres as building materials. Joint symposium RIILEM/CIB/NCCC Bagdad, IRAK, Octubre.
- BERWANGER, C. (1986). *Bamboo mesh as reinforcement for concrete*. En Use of Vegetables plants and fibres as building material. Joint Symposium RIILEM/CIB/NCCC Bagdad, IRAK, Octubre.
- DE YAVORSKY, R y NIEVES, M. (1991). *Uso del Bambú como refuerzo del concreto armado*. Universidad Metropolitana, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Caracas. 115 p. Trabajo Especial de Grado. Inédito.
- GEYMAYER, H. y COX, F. (1970). *Bamboo Reinforced Concrete*. Journal of the American Concrete Institute. 67 (10).
- GLEN, H.E. (1950). *Bamboo reinforced in Portland Cement concrete*. Clemson Agricultural College, Clemson, South Carolina, U.S.A.
- HIDALGO LOPEZ, O. (1978). *Nuevas Técnicas de Construcción con Bambú*. Estudios Técnicos Colombianos Ltda Ed., Colombia.
- HIDALGO LOPEZ, O. (1974). *Bambú, su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería y artesanía*. Estudios Técnicos Colombianos Ltda Ed., Colombia.
- HIDALGO LOPEZ, O. (1983). *Manual de construcción con Bambú*. Estudios Técnicos Colombianos Ltda. - Ed., Colombia. 71 p.
- MC. CLURE, F.A. (1953). *Bamboo as a building material*. Foreign Agricultural Service, United States. Departamento de Agricultura, Washington D.C. Mayo.
- MURTHY, D.K. (1986). *Use of Bamboo as a substitute for steel in conventional reinforced concrete*. En Use of Vegetables plants and fibres as building material. Joint Symposium RIILEM/CIB/NCCC Bagdad, IRAK, Octubre.
- SOSA G., M. (1984). *Utilisation des Vegetaux dans l'habitat á faible cout*. Ecole Nationale des Ponts et Chaussées. Paris. 115 p.. Travail de fin d'études D.E.A.- S.T.B. Inédito.
- SOSA G., M. (1995). *Utilizacion de Materias Primas Vegetales para la producción de Materiales de Construcción*. 42 p.. Trabajo de Ascenso a la categoría de Profesor Agregado. FAU - UCV. Inédito.
- SUBRAHNANYAM, B.V. *Bamboo Reinforcement for Cement Matrices*. New Reinforced Concretes. Editado por R.N. Swamy. Surrey University Press.