

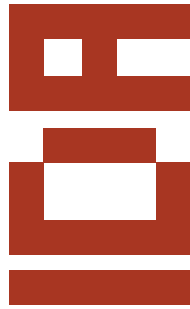
SEVILLA

IDA

**IDA: ADVANCED  
DOCTORAL RESEARCH  
IN ARCHITECTURE**



SEVILLA



**IDA: ADVANCED  
DOCTORAL RESEARCH  
IN ARCHITECTURE**

Antonio Tejedor Cabrera, Marta Molina Huelva (comp.)

IDA: Advanced Doctoral Research in Architecture  
Sevilla: Universidad de Sevilla, 2017.

1.408 pp. 21 x 29,7 cm

ISBN: 38765987928376375

Legal Dep.: 236235768336

All right reserved. No part of this book may be reproduced stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or any means without prior written permission from the Publisher.

**EDITOR**

Universidad de Sevilla

**COMPILERS**

Antonio Tejedor Cabrera

Marta Molina Huelva

**DESIGN AND LAYOUT BY**

Pablo Blázquez Jesús

María Carrascal Pérez

Daniel Longa García

Marina López Sánchez

Francisco Javier Navarro de Pablos

Gabriel Velasco Blanco

**ADMINISTRATION AND SERVICES STAFF**

Adoración Gavira Iglesias

Seville, november 2017

© 2017. IDA: ADVANCED DOCTORAL RESEARCH IN ARCHITECTURE

SEVILLA

IDE

ORGANIZED BY



COLLABORATORS



Consejo Andaluz  
de Colegios Oficiales  
de Arquitectos



fundación **arquia**



All manuscripts have been submitted to blind peer review, all content in this publication has been strictly selected, the international scientific committee that participates in the selection of the works is of international character and of recognized prestige, an scrupulous method of content filtering has been followed in terms of its veracity, scientific definition and plot quality.





## COMMITTEES

### CONFERENCE CHAIRPERSONS

**Antonio Tejedor Cabrera**, *Coordinator of the PhD Program in Architecture and Director of the University Institute of Architecture and Construction Sciences, Professor Department of Architectural Design, University of Seville*

**Marta Molina Huelva**, *Secretary of the University Institute of Architecture and Construction Sciences, Professor of the Department of Building Structures and Geotechnical Engineering, University of Seville*

### ORGANISING COMMITTEE

**María Carrascal Pérez**, *Department of History, Theory and Architectural Composition, University of Seville*

**Mercedes Linares Gómez del Pulgar**, *Department of Architectural Graphic Expression, University of Seville*

**Ángel Martínez García-Posada**, *Department of Architectural Design, University of Seville*

**Pilar Mercader Moyano**, *Department of Architectural Constructions I, University of Seville*

**Domingo Sánchez Fuentes**, *Department of Urban Planning and Spatial Planning, University of Seville*

**Manuel Vázquez Boza**, *Department of Building Structures and Land Engineering, University of Seville*

### CONFERENCE SECRETARY

**Pablo Blázquez Jesús**, *Ph.D. student, Department of Architectural Design, University of Seville*

**Marina López Sánchez**, *Ph.D. student, Department of Architectural Design, University of Seville*

## **FORMATO**

### **Mesas temáticas**

Las mesas temáticas son lugares de presentación de las metodologías y las experiencias de jóvenes doctores y de estudiantes de doctorado procedentes de las diferentes universidades. Son gestionadas por los propios estudiantes de doctorado que generan unas conclusiones para ser debatidas y reelaboradas en la sesión plenaria final. Las sesiones se desarrollan de manera simultánea con la presentación de los *papers* seleccionados en la *call*, organizados en cuatro áreas o líneas temáticas:

1. Tecnologías de la Arquitectura
2. Vivienda, Ciudad y Territorio
3. Patrimonio y Rehabilitación
4. Análisis y Proyectos Avanzados

### **Taller**

El workshop del Congreso se orienta hacia el análisis de los problemas y las necesidades de gestión de los Programas de Doctorado con el fin de extraer conclusiones que pueden ser útiles a las Universidades implicadas. En el workshop participan los coordinadores de los programas de Doctorado en Arquitectura y los representantes de los doctorandos. Son temas de debate: las líneas de investigación, las metodologías, las necesidades organizativas de los programas de doctorado, el Doctorado Internacional y el Doctorado Industrial, y el futuro de la investigación doctoral.

### **Sesiones Plenarias**

Las sesiones plenarias se realizan al inicio y al final del Congreso. En la primera sesión de bienvenida e introducción al Congreso se invita a participar a expertos investigadores del panorama nacional e internacional y a los coordinadores de los programas de doctorado. En la segunda sesión plenaria se propone un debate abierto para la reelaboración de las propuestas extraídas del taller y de las mesas temáticas. Sirve también de clausura con la presentación de las conclusiones finales del Congreso IDA\_Sevilla 2017.

## SCIENTIFIC COMMITTEE

**José Aguiar**-Universidade de Lisboa  
**Benno Albrecht**-Università IUAV di Venezia  
**Francisco Javier Alejandro Sánchez**-Universidad de Sevilla  
**Darío Álvarez Álvarez**-Universidad de Valladolid  
**Antonio Ampliato Briones**-Universidad de Sevilla  
**Joaquín Antuña**-Universidad Politécnica de Madrid  
**Ángela Barrios Padura**-Universidad de Sevilla  
**José María Cabeza Laínez**-Universidad de Sevilla  
**Pilar Chías Navarro**-Universidad de Alcalá  
**Juan Calatrava Escobar**-Universidad de Granada  
**María Carrascal Pérez**-Universidad de Sevilla  
**Helena Coch Roura**-Universitat Politècnica de Catalunya  
**Jorge Cruz Pinto**-Universidad de Lisboa  
**Carmen Díez Medina**-Universidad de Zaragoza  
**Fernando Espuelas Cid**-Universidad Europea  
**Alberto Ferlenga**-Università IUAV di Venezia  
**Luz Fernández-Valderrama**-Universidad de Sevilla  
**Vicente Flores Alés**-Universidad de Sevilla  
**María del Carmen Galán Marín**-Universidad de Sevilla  
**Jorge Filipe Ganhão da Cruz Pinto**-Universidade de Lisboa  
**Carlos García Vázquez**-Universidad de Sevilla  
**Sara Girón Borrero**-Universidad de Sevilla  
**Francisco Gómez Díaz**-Universidad de Sevilla  
**Amparo Graciani**-Universidad de Sevilla  
**Francisco Granero Martín**-Universidad de Sevilla  
**Francisco Hernández Olivares**-Universidad P. de Madrid  
**Miguel Ángel de la Iglesia**-Universidad de Valladolid  
**Paulo J.S. Cruz**-Universidade do Minho  
**Francesc Sepulcre**-Universitat Politècnica de Catalunya  
**Ángel Luis León Rodríguez**-Universidad de Sevilla  
**Mercedes Linares Gómez del Pulgar**-Universidad de Sevilla  
**María del Mar Loren Méndez**-Universidad de Sevilla

**Margarita de Luxán García de Diego**-Universidad P. de Madrid  
**Madelyn Marrero**-Universidad de Sevilla  
**Juan Jesús Martín del Río**-Universidad de Sevilla  
**Luis Martínez-Santamaría**-Universidad Politécnica de Madrid  
**Ángel Martínez García-Posada**-Universidad de Sevilla  
**Mauro Marzo**-Università IUAV di Venezia  
**Pilar Mercader Moyano**-Universidad de Sevilla  
**Antonello Monaco**-Università degli Studi di Reggio Calabria  
**Marta Molina Huelva**-Universidad de Sevilla  
**José Morales Sánchez**-Universidad de Sevilla  
**Eduardo Mosquera Adell**-Universidad de Sevilla  
**María Teresa Muñoz Jiménez**-Universidad Politécnica de Madrid  
**Jaime Navarro Casas**-Universidad de Sevilla  
**José Joaquín Parra Bañón**-Universidad de Sevilla  
**Víctor Pérez Escolano**-Universidad de Sevilla  
**Francisco Pinto Puerto**-Universidad de Sevilla  
**Mercedes Ponce Ortiz de Insagurbe**-Universidad de Sevilla  
**Juan Luis de las Rivas Sanz**-Universidad de Valladolid  
**Carmen Rodríguez Liñán**-Universidad de Sevilla  
**Javier Ruiz Sánchez**-Universidad Politécnica de Madrid  
**Joaquín Sabaté Bel**-Universitat Politècnica de Catalunya  
**Victoriano Sáinz Gutiérrez**-Universidad de Sevilla  
**Santiago Sánchez Beitia**-Universidad del País Vasco  
**Domingo Sánchez Fuentes**-Universidad de Sevilla  
**José Sánchez Sánchez**-Universidad de Sevilla  
**Juan José Sendra Salas**-Universidad de Sevilla  
**Julián Sobrino Simal**-Universidad de Sevilla  
**Federico Soriano Peláez**-Universidad Politécnica de Madrid  
**Rafael Suárez Medina**-Universidad de Sevilla  
**Miguel Ángel Tabales Rodríguez**-Universidad de Sevilla  
**Antonio Tejedor Cabrera**-Universidad de Sevilla  
**Jorge Torres Cueco**-Universidad Politécnica de Valencia  
**Elisa Valero Ramos**-Universidad de Granada  
**Manuel Vázquez Boza**-Universidad de Sevilla  
**Narciso Vázquez Carretero**-Universidad de Sevilla  
**Teófilo Zamarreño García**-Universidad de Sevilla

## FOREWORD

The Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción (IUACC), in collaboration with the Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSAS) and the Escuela Internacional de Doctorado (EIDUS) of the University of Seville are pleased to welcome the heads of research from both Spanish and overseas universities, consolidated researchers and young doctoral researchers to the First International Congress of Doctorates in Architecture IDA Sevilla, from 27th to 28th November 2017.

The **IDA\_Sevilla 2017** Congress offers a general perspective of doctoral studies in the field of Architecture and its related disciplines: urban planning, heritage, landscape, construction technologies and sustainability. In the new context generated after the elimination of the doctoral programs prior to RD 99/2011, it is necessary to carry out an analysis of the complex panorama that the former programs and the new doctoral programs have drawn up, in order to know in detail both what has been achieved so far, as well as the challenges of the future of advanced doctoral research in Spain, in the European and international context.

The startling changes that are taking place in our society call for a vision of research that is not compartmentalised into traditional disciplines or areas of knowledge. Doctoral research in Architecture must adapt to changes in society and to the sustainable productive needs of territory.

The congress will take place at the Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla, organised in four simultaneous thematic tables, a workshop on the administration of doctoral programs and two plenary sessions.

The **thematic tables** are aimed at young doctors and doctoral students of the different participating universities who will present their experiences and methods of their research - in development or recently concluded. The participation in the thematic tables is carried out through the selection procedure with blind peer review established in the call for papers and through express invitations to the debate. The almost 70 communications have been structured in four thematic areas representative of the PhD programs in Architecture.

The **open workshop** will be held in two sessions with the participation of the coordinators of each of the collaborating programs of the Congress, and professors with extensive doctoral experience. Its objectives are multiple: to discuss the experiences undertaken in the different universities, exchange ideas about the approaches and models applied, address the challenges of internationalization and management, launch the new Industrial Doctorate with companies and public agencies, and so on.

There are two **plenary sessions**: one, a plenary session of introduction to the congress, with the participation of coordinators of national and foreign doctoral programs; and a closing plenary session, with an open debate for the going-over of the conclusions drawn from the thematic tables and the workshop, and the presentation of final conclusions.

We thank the Escuela Internacional de Doctorado of the University of Seville, and the Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla for the support they have provided for the holding of this meeting, which contributes so much to the clarification of the future of doctoral studies in Spanish universities in the face of the great challenge of internationalization and the continuous improvement of the quality of research in Architecture. We also thank those responsible for the participating Doctoral Programs, the Architecture library of the US and all the participants and attendees.

Antonio Tejedor Cabrera  
Marta Molina Huelva

## PRÓLOGO

El Instituto Universitario de Arquitectura y Ciencias de la Construcción (IUACC), con la colaboración de la Escuela Técnica Superior de Arquitectura (ETSAS) y la Escuela Internacional de Doctorado (EIDUS) de la Universidad de Sevilla, se complacen en recibir a los responsables de investigación de universidades españolas y extranjeras, a los investigadores consolidados y a los jóvenes investigadores de doctorado en el I CONGRESO INTERNACIONAL DE DOCTORADOS EN ARQUITECTURA IDA\_Sevilla, del 27 al 28 de noviembre de 2017.

El congreso **IDA\_Sevilla 2017** ofrece una perspectiva general de los estudios de doctorado en el campo de la Arquitectura y sus disciplinas afines: urbanística, patrimonio, paisaje, tecnologías de la construcción y sostenibilidad. En el nuevo contexto generado tras la extinción de los programas doctorales anteriores al RD 99/2011 es necesario realizar un análisis del complejo panorama que han construido los programas extintos y los nuevos programas de doctorado, con el objeto de conocer con detalle tanto lo conseguido hasta ahora como los retos que depara el futuro de la investigación doctoral avanzada en España, en el contexto europeo e internacional.

Los vertiginosos cambios que se están produciendo en nuestra sociedad reclaman una visión de la investigación no compartimentada en disciplinas o áreas de conocimiento tradicionales. La investigación doctoral en Arquitectura debe adaptarse a los cambios de la sociedad y a las necesidades productivas sostenibles en el territorio.

El congreso se celebra en la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla organizado en cuatro mesas temáticas simultáneas, un taller sobre la gestión de los programas de doctorado y dos sesiones plenarias.

Las **mesas temáticas** están dirigidas a los jóvenes doctores y a estudiantes de doctorado de las diferentes universidades participantes que exponen sus experiencias y métodos sobre las investigaciones en desarrollo o recientemente concluidas. La participación en las mesas temáticas se realiza por el procedimiento de selección con revisión por pares ciegos establecido en la *call for papers* y por medio de invitaciones expresas al debate. Las casi 70 comunicaciones se han estructurado en cuatro áreas temáticas representativas de los programas de doctorado en Arquitectura.

El **taller** de puesta en común se realiza en dos sesiones con la participación de los coordinadores de cada uno de los programas colaboradores del Congreso y de profesores con amplia experiencia doctoral. Sus objetivos son múltiples: debatir sobre las experiencias desarrolladas en las distintas universidades, intercambiar ideas sobre los enfoques y los modelos aplicados, abordar los retos de internacionalización y de gestión, poner en marcha el nuevo Doctorado Industrial con empresas y agencias públicas, etc.

Las **sesiones plenarias** son dos: una sesión plenaria de introducción al congreso, con la intervención de coordinadores de programas de doctorado nacionales y extranjeros; y una sesión plenaria de clausura, con un debate abierto para la reelaboración de las conclusiones extraídas de las mesas temáticas y del workshop y la presentación de las conclusiones finales.

Agradecemos a la Escuela Internacional de Doctorado de la Universidad de Sevilla y a la Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Sevilla el apoyo que han proporcionado para la realización de este encuentro que tanto contribuye a clarificar el futuro de los estudios doctorales en las universidades españolas ante el gran reto de la internacionalización y la continua mejora de la calidad de la investigación en Arquitectura. Damos las gracias también a los responsables de los Programas de Doctorado participantes, a la Biblioteca de Arquitectura de la US y a todos los participantes y asistentes.

Antonio Tejedor Cabrera  
Marta Molina Huelva



## OBJECTIVES

1. Analyze the research lines of the various programs and build a map of doctoral research in Spain with the support of coordinators, tutors / thesis supervisors, doctoral students and young doctors in the disciplines related to Architecture and their related areas.
2. To know the status of doctoral theses in progress or defended in the last three years, selected by means of a call with blind peer evaluation of the doctoral programs participating in the congress.
3. Discuss the structure and university management of doctoral programs in relation to employment challenges, collaboration with the productive sector and national research programs.
4. Exchange experiences with other international doctoral research programs on international mobility management, theses with international mention, co-supervised theses, theses with industrial mentions, etc.
5. No less important, consolidate a national and international network of Doctoral Programs related to Architecture, Urban Planning, Heritage, Landscape, Technologies and related disciplines.



**LT 1**

ARCHITECTURE  
TECHNOLOGIES

**LT 2**

HOUSING, CITY  
AND TERRITORY

**LT 3**

HERITAGE AND  
REHABILITATION

**LT 4**

ANALYSIS AND  
ADVANCED PROJECTS

## **FORMAT**

### **Thematic tables**

The thematic tables are places to present the methodologies and experiences of young doctors and doctoral students from different universities. They are managed by the doctorate students themselves, who generate conclusions to be debated and reworked in the final plenary session. The sessions are developed simultaneously with the presentation of the papers selected in the call, organized in four areas or thematic lines:

1. Architectural technologies
2. Housing, city and territory
3. Heritage and Rehabilitation
4. Analysis and advanced projects

### **Workshop**

The workshop of the Congress is oriented towards the analysis of the problems and management needs of the Doctorate Programs, with the objective of arriving at conclusions that may be useful to the Universities involved. The coordinators of the Doctorate in Architecture programs and the doctoral students' representatives will participate in the workshop. The following are topics for debate: lines of research, methodologies, organizational needs of the doctoral programs, the International Doctorate and the Industrial Doctorate, and the future of doctoral research.

### **Plenary Sessions**

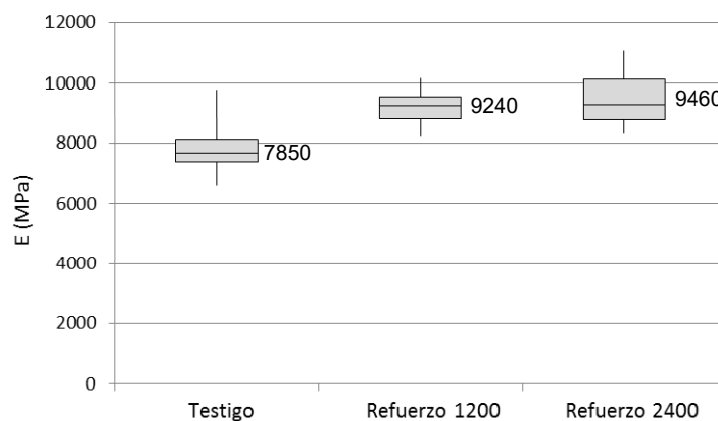
The plenary sessions are held at the beginning and end of the Congress. In the first session of welcome and introduction to the Congress, researchers from the national and international scene and the coordinators of the doctorate programs are invited to participate. In the second plenary session an open debate is proposed for the going over of the proposals drawn from the workshop and the thematic tables. It also serves as a closing ceremony with the presentation of the final conclusions of the 2017 IDA\_Sevilla Congress.

Beams were tested in bending, according to UNE-EN 408 (2011) (Fig.6), and the effects of GFRP reinforcements in the MOE, ultimate strength (MOR) and improvement in the dispersion of results were measured and analyzed. The failure modes of each beam were also observed.



**Fig. 6** Duo beams test according to UNE EN-408.

The results of these tests on reinforced Populus beams are shown in Figure 7, with a significant improvement with increments in the moduli of elasticity of 10% for GFRP reinforcements of 1200 gr / m<sup>2</sup> and of around 15% for GFRP reinforcements of 2400 gr / m<sup>2</sup>.



**Fig. 7** Box and whiskers graph with the modulus of elasticity of poplar duo beams.

At the present time only the previous data analyzes of the poplar duo beams are available, and the bending test of the Pinaster beams is scheduled for close dates.

### 3.3. Creep tests

In order to study the long-term behavior of the reinforced duo beams, in relation to unreinforced ones, a long-term test has been set up, according to UNE-EN 380 (1998), with a total load of 10 kN, which represents approximately 50% of ultimate load of the beams. The ambient conditions of the laboratory remain nominally constant,  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ;  $65 \pm 5\%$  humidity in air, corresponding to a hygroscopic balance of 12% HR in the wood (Kollman 1959).

The load is applied by means of the filling and filling of individual tanks (Figure 8), single wall polyethylene (PE), with a useful capacity of 1000 liters and dimensions of approximately 1650x720x1260 mm, with upper filling nozzles and lower emptying device, with locking key. The support of the tanks on the beams is made with an intermediate resistant platform, which allows to apply the load on the beams on two points, following the support distances proposed by UNE-EN 408 (2011).

## OBJETIVOS

1. Analizar las líneas de investigación de los diversos programas y construir el mapa de la investigación doctoral en España con el apoyo de los coordinadores, los tutores/directores de tesis, los doctorandos y los jóvenes doctores en las disciplinas relacionadas con la Arquitectura y sus áreas afines.
2. Conocer el estado de las tesis doctorales en marcha o defendidas en los últimos tres años, seleccionadas por medio de una *call* con evaluadores por pares ciegos de los programas de doctorado participantes en el congreso.
3. Debatir sobre la estructura y la gestión universitaria de los programas de doctorado en relación con los retos de empleo, colaboración con el sector productivo y los programas nacionales de investigación.
4. Intercambiar experiencias con otros programas de investigación doctoral a escala internacional sobre gestión de la movilidad internacional, tesis con mención internacional, tesis en cotutela, tesis con mención industrial, etc.
5. No menos importante, consolidar una red nacional e internacional de Programas de Doctorado relacionados con la Arquitectura, la Urbanística, el Patrimonio, el Paisaje, las Tecnologías y sus disciplinas afines.



**ICF**

SEVILLA

LT1

TECNOLOGÍAS DE  
LA ARQUITECTURA

## ARCHITECTURE TECHNOLOGIES / TECNOLOGÍAS DE LA ARQUITECTURA

p. 23-30: **ANALYSIS OF INCIDENCE OF LICENSE MANAGEMENT ACTIVITIES IN THE PROCESSES OF THE INTERNATIONAL STANDARD UNE ISO 21,500** / p. 31-39: **ANÁLISIS DE INCIDENCIA DE LAS ACTIVIDADES DE GESTIÓN DE LICENCIAS EN LOS PROCESOS DE LA NORMA INTERNACIONAL UNE ISO 21.500**

*García Ruiz-Espiga, Adolfo; Soler Severino, Manuel*

p. 41-49: **ENVELOPE'S ENERGY PERFORMANCE OF UNIVERSITIES BUILDINGS LOCATED IN BAHIA – BRAZIL** / p. 50-58: **DESEMPEÑO ENERGÉTICO DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA DE EDIFICACIONES UNIVERSITARIAS CONSTRUIDAS EN BAHIA - BRASIL**

*Santana, Bruno; Coch, Helena*

p. 59-66: **A STUDY OF THE ESSENTIAL CHARACTERISTICS OF A GLOBAL DANCE FLOOR SYSTEM** / p. 67-74: **ESTUDIO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE UN SISTEMA DE SUELO GLOBAL PARA LA DANZA**

*Turiel, Claudia; García-Santos, Alfonso*

p. 75-83: **THE ROOF THERMAL BEHAVIOR IN A TROPICAL-EQUATORIAL CLIMATE** / p. 84-93: **EL COMPORTAMIENTO TÉRMICO DE LA CUBIERTA EN EL CLIMA TROPICAL-ECUATORIAL**

*Torres-Quezada, Jefferson; Coch-Roura, Helena; Isalgué, Antonio*

p. 95-103: **FRP REINFORCEMENT AND PRODUCTION OF DUO TIMBER BEAMS** / p. 104-112: **FABRICACIÓN Y REFUERZO DE VIGAS LAMINADAS DÚO CON FRP**

*Balmori, Jose Antonio; Basterra, Luis-Alfonso*

p. 113-121: **METHODOLOGY OF COMPLEMENTARY ASSESSMENT TO A LIFE CYCLE ANALYSIS OF THE SUSTAINABILITY OF USE GADUA BAMBOO IN CONSTRUCTIVE SOLUTIONS** / p. 122-130: **METODOLOGÍA DE VALORACIÓN COMPLEMENTARIA A UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA SOSTENIBILIDAD DEL USO DEL BAMBÚ GUADUA EN SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS**

*Torres Rojas, José Eduardo; Neila Gonzalez, Francisco Javier*

p. 131-141: **THERMODYNAMICS OF MEDITERRANEAN COURTYARDS: QUANTIFICATION AND APPLICATIONS IN ECO-EFFICIENT ARCHITECTURAL DESIGN** / p. 142-152: **TERMODINÁMICA DEL PATIO MEDITERRÁNEO: CUANTIFICACIÓN Y APLICACIÓN AL DISEÑO DE ARQUITECTURAS ECO-EFICIENTES**

*Rojas Fernández, Juan Manuel; Galán Marín, Carmen; Fernández Nieto, Enrique*

p. 153-160: **COMPLEMENTARY TECHNIQUES FOR THE CHARACTERIZATION OF NEW CONSTRUCTION MATERIALS: ANALYSIS AND REVIEW** / p. 161-169: **TÉCNICAS COMPLEMENTARIAS PARA LA CARACTERIZACIÓN DE NUEVOS MATERIALES CONSTRUCTIVOS: ANÁLISIS Y REVISIÓN**

*Pedreño-Rojas, M. Alejandro; Morales-Conde, M. Jesús; Rodríguez-Liñán, Carmen; Pérez-Gálvez, Filomena; Rubio-de-Hita, Paloma*

p. 171-181: **CURRENT AND FUTURE DEMAND-SIDE MANAGEMENT POTENTIAL RELATED TO THE THERMAL MASS OF RESIDENTIAL BUILDINGS IN EUROPE BACKGROUND AND METHODOLOGICAL APPROACH** / p. 182-192: **POTENCIAL ACTUAL Y FUTURO DE GESTIÓN DE LA DEMANDA ENERGÉTICA ASOCIADA A LA MASA TÉRMICA DE EDIFICIOS RESIDENCIALES EN EUROPA ANTEDEGENDES Y PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

*de-Borja-Torrejón, Manuel; León-Rodríguez, Ángel-Luis; Auer, Thomas*

p. 193-203: **STUDY AND ASSESSMENT OF THE SEISMIC VULNERABILITY OF PRIMARY SCHOOL BUILDINGS LOCATED AT THE ALGARVE AND HUELVA: STATE OF THE ART** / p. 204-214: **ESTUDIO Y VALORACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE EDIFICIOS DE EDUCACIÓN PRIMARIA EN EL ALGARVE Y HUELVA: ESTADO DEL ARTE**

*Requena-García-de-la-Cruz, María-Victoria; Fazendeiro-Sá, Luis; Morales-Esteban, Antonio; Estêvão, João M.C.; Ferreira, Mónica A.; Durand-Neyra, Percy; Oliveira, Carlos Soussa*

p. 215-222: **RESEARCH ON ECO-EFFICIENT STRUCTURAL MORTARS** / p. 223-231: **INVESTIGACIÓN SOBRE MORTEROS ESTRUCTURALES ECO-EFICIENTES**

*González-Kunz, Rocío N.; Pineda, Paloma; Morillas, Leandro; Brás, Ana*

p. 233-242: **TOWARD A CONTEMPORARY PLANNING METHOD: TECHNOLOGICAL AND CITIZENSHIP COMMITMENT** / p. 243-253: **HACIA UN MÉTODO DE PLANIFICACIÓN CONTEMPORÁNEO: COMPROMISO TECNOLÓGICO Y CIUDADANO**

*Luque Martín, Irene*

# METODOLOGÍA DE VALORACIÓN COMPLEMENTARIA A UN ANÁLISIS DE CICLO DE VIDA DE LA SOSTENIBILIDAD DEL USO DEL BAMBÚ GUADUA EN SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Torres Rojas, José Eduardo <sup>(1)</sup>; Neila Gonzalez, Francisco Javier <sup>(2)</sup>

(1) Evidally GBS. Investigador y consultor Universidad de Oviedo - jetorres@evidally.net.

(2) Universidad Politécnica de Madrid Professor - fjavier.neila@upm.es

**Resumen:** Avances iniciales en el trabajo de investigación para el desarrollo de una metodología que permite evaluar comparativamente el grado de aportación al incremento de la sostenibilidad integral de un edificio o solución constructiva alcanzado con el uso del bambú Guadua. Utilizando como base los parámetros que resultan más adecuados entre todos los que pueden relacionar el material y la sostenibilidad, que permitirán posteriormente realizar dicha valoración y que resulten complementarios a los de un análisis de ciclo de vida. Se identifican claramente impactos ambientales relacionados con los servicios ecosistémicos. En éste orden, están los servicios que prestan los suelos con bosques de guadua, especialmente aquellos que tienen que ver con las fuentes de agua, su aportación a la regulación hídrica y contribución a la conservación de la biodiversidad. Resulta importante el impacto potencial en el aspecto sociocultural, destacándose dentro de la variable cultural el precario conocimiento del recurso Guadua y sus posibilidades, derivando en un insipiente sentido de identidad con el material y muy bajo estímulo y apoyo a su aprovechamiento de parte de las instituciones estatales o entidades privadas. En suma estos y otros aspectos son analizados en primera instancia, logrando identificar posibles indicadores de sostenibilidad susceptibles de valoración para la posterior elaboración de una ficha, base de un eco-etiquetado. Dicha valoración complementará así, sus propiedades físicas y mecánicas, permitiendo definir su eficiente aprovechamiento como una utilidad para el diseñador a la hora de su elección en la implementación en soluciones constructivas.

**Palabras Clave:** Bambú, Guadua, Metodología, Sostenibilidad, Construcción

## 1. Introducción

Son destacadas las bondades ambientales del bambú y su contribución a la mitigación de la problemática ambiental, sus múltiples aplicaciones para todo tipo de soluciones que van desde productos alimenticios hasta elementos estructurales, pasando por material textil, hasta producción de papel y fuente de energía en forma de carbón vegetal (Minke 2010). Se habla de sus propiedades como secuestrador de CO<sub>2</sub>, elemento regulador de cuencas hídricas y mantenedor de microclimas. No resulta extraño hacer referencia a un material natural, vegetal que cuenta con cerca de 1500 diferentes especies (Liese 2015), así como múltiples y numerosas aplicaciones.

En este orden de ideas, un material que aporta tanto desde el punto de vista ambiental, social, cultural y desde luego económicamente, merece ser tenido en cuenta para ahondar de forma particular en al menos alguna de las especies, y en particular la que es considerada, como la más apta para su uso en construcción, porque referirse a los bambúes usados en construcción, es hablar de la especie más importante de acuerdo a sus ya demostradas características físico-mecánicas, en multitud de tesis de fin de carrera, maestría y tesis doctorales, en este caso se trata de la Guadua *Angustifolia Kunth*. Pero de igual forma podría hacerse con otras especies como la *Dendrocalamus*, o la *Phyllostachys*, la *Chusquea* y la *bambusa* (Minke 2010), utilizadas en todo el mundo según su origen y posibilidades, con lo cual se estaría haciendo referencia su uso en la construcción en cerca de un tercio de todas las viviendas del planeta.

Las posibilidades que ofrece el aprovechamiento, en este caso, del bambú Guadua como material de construcción ameritan el desarrollo y estructuración de un proyecto tendiente a su valoración como recurso polivalente y sostenible, reconocido mediante un eco etiquetado. Lo cual implica tener una trazabilidad y unos indicadores de aportación a la regeneración y conservación de la biodiversidad, el



tejido social y el mejoramiento de la calidad de vida, como complemento a un análisis de ciclo de vida. Además de poder contar con una ficha técnica que contenga su caracterización y propiedades físicas y mecánicas que permitan definir su máximo aprovechamiento.

Actualmente la mayoría de estudios relevantes relacionados con las especies de bambú, en su uso como material de construcción, centran su atención en las propiedades físicas y mecánicas. Como material en su forma natural (caña rolliza), en los distintos tipos de uniones estructurales. Los estudios dirigidos en particular a la determinación de su análisis de ciclo de vida y costes ambientales son más escasos y enfocados en procesos puntuales que involucran el material. Dentro del Programa de Diseño para la sostenibilidad (Design For Sustainable DFS) de la Facultad de Ingeniería de Diseño Industrial de la Universidad Técnica de Delft, el ingeniero Pablo van der Lugt, ha realizado un estudio titulado "El bambú, una solución sostenible para Europa Occidental" como una de sus intervenciones para estimular la comercialización de bambú. El trabajo fue supervisado por el Prof. Dr. Han Brezet, mientras que las evaluaciones ambientales fueron ejecutadas en estrecha colaboración con el Dr. Joost Vogtländer. 2002. En parte este estudio se centra en el cuestionamiento de la sostenibilidad ambiental percibida de los productos industrializados de bambú y el objetivo de la investigación principal de este informe es evaluar la sostenibilidad ambiental de diversos productos a base de bambú, fundamentado en su utilización en Europa Occidental, en comparación con las alternativas de materiales de uso común y, en particular, de la madera. Aunque actualmente se comercializan muchos productos de bambú, que por lo general se perciben como ambientalmente amigables, son pocas las evaluaciones cuantitativas de impacto ambiental del material mediante la metodología de Análisis de Ciclo de Vida, e inexistentes involucrando el ámbito sociocultural. Los únicos estudios disponibles conocidos de momento, además del referido son: un estudio ejecutado por el Dr. Richard Murphy (Murphy et al. 2004) y otro estudio realizado por el primer autor para su tesis de maestría (van der Lugt 2003) publicado en diversas revistas (van der Lugt et al. 2003, van der Lugt et al. 2006). Y el más reciente publicado por el mismo, Engineered Bamboo Products – A Sustainable Choice?: Industrialized Natural Resources for Architecture and Construction (van der Lugt. 2017).

Con el presente trabajo se pretende aportar en este sentido y más exactamente poder contribuir al desarrollo de una metodología que posibilite, además de reafirmar el valor del bambú Guadua como material de construcción, contar con una información que valore su contribución a la sostenibilidad en las soluciones constructivas en las que se plantea su utilización.

### **1.1. La Guadua *angustifolia* Kunth**

La especie Guadua *angustifolia* como especie y material natural destaca por sus culmos, que alcanzan hasta 30 metros de altura y 15 centímetros de diámetro (Londoño 2002). Además, entre todos los bambúes de América sobresale por ser uno de los 20 mejores del mundo (Londoño 2011) gracias sus excelentes propiedades físico-mecánicas, aplicadas en el sector de la construcción y posibilidades de industrialización, lo que la convierte en un recurso natural, agro-forestal, con muchas posibilidades y múltiples bondades.

En la Guadua *angustifolia* como especie se han centrado la mayor parte de investigaciones y estudios en áreas como: su taxonomía, su genética molecular, su fenología, y fisiología, así como, su anatomía, flora y fauna asociada, biotecnología, biomasa, cuantificación de servicios ambientales, secuestro de CO<sub>2</sub>, inventarios forestales, métodos de propagación, calidades de sitio y disposición física de siembra, formas e insumos para fertilización, manejo y aprovechamiento, forma de preservación y secado, propiedades físicas y mecánicas, comportamiento estructural, uniones, y estudios de mercado (Londoño 2011).

La Guadua *angustifolia* se encuentra en estado natural en Colombia, Ecuador y Venezuela, en donde forma colonias dominantes conocidas como "Guadales", concentradas principalmente en la región andina, entre los 0 y los 2000 msnm. (Londoño 2002). Desde mediados de la década de los años 80 del siglo pasado, la especie Guadua *angustifolia*, ha venido siendo introducida para su adaptación en Centroamérica, siendo los países más destacados por su interés y uso del material: México y Costa Rica y actualmente Panamá, y Honduras.

En Colombia la Guadua *angustifolia* ha tenido una tradición histórica, cultural, económica y de conservación medioambiental y la generación de conocimiento alrededor de este bambú nativo, convirtiéndose en un país pionero en su uso estructural y en el desarrollo de tecnologías constructivas apropiadas para este material en su forma natural como caña rolliza, además de ser el único país en América que ha desarrollado una serie de normativas técnicas para la calidad en su cultivo, preservación y secado, elaboración de muebles y artesanías, uniones en estructuras y utilización en construcción, así como la pre-industrialización, además de un capítulo específico para diseño y construcción con Guadua incorporado dentro de la Normativa sismo resistente del año 2010 (NSR10). Actualmente países como Perú y Ecuador ya han adoptado sus propias normativas de uso

y construcción con Guadua basadas en la normativa Colombiana y adaptada a las características de sus bambúes.

## 1.2. La Guadua como material de construcción

La guadua es utilizada en construcción en su forma natural, rolliza, de secciones de entre 6 y 16 cm de diámetro y longitudes de 6 a 12 metros, generalmente usada como elemento estructural en forjados de techo y columnas, en combinación con elementos de hormigón armado en edificaciones hasta dos alturas (Fig.1), naves agrícolas y puentes peatonales de hasta 25 metros de entre apoyos.



**Fig. 1** Casa Santoyo de Zuarq arquitectos. La Calera- Bogotá Colombia. Fuente: Foto de José E. Torres R.

En forma de esterillas, que son el producto de un proceso de desenrollado de la caña, derivando en elementos de entre 30 y 40 centímetros de ancho por 3 a 4 metros de largo (Fig.2), ideal para encofrados, tabiques, cerramientos etc. Y luego están las latas y latillas (Fig. 2), que son el producto de cortes longitudinales de la caña con los que se obtienen elementos de entre 3 y 4 centímetros por 3 a metros de largo, que se utilizan entre otros como soporte de suelos y peldaños de escaleras. También elementos estructurales industrializados de latas de guadua como es el caso de vigas y tableros laminados.



**Fig. 2** Esterillas (izquierda) y latas (derecha) de guadua. Fuente: Foto de José E. Torres R.

La Guadua angustifolia destaca dentro del género por sus propiedades estructurales, debido a que posee fibras longitudinales fuertes, 40% de tejido de fibras, es de gran tamaño, con altura hasta de 30 metros y diámetros hasta de 22 cm, presenta una alta relación resistencia/peso, con valores

promedios de resistencia a la compresión que fluctúan entre 35 MPa y 50 MPa y de gran flexibilidad, cualidades que hacen que sea un material ideal en la industria de la construcción (Takeuchi, 2004).

**Tabla 1.** Esfuerzos admisibles  $F_i$  (MPa), CH=12% (NSR-10 Tabla G.12.7-1)

Fb Flexión	Ft Tracción	Fc Compresión $\parallel$	Fp* Compresión $\perp$	Fv Corte
15	18	14	1.4	1.2

$\parallel$  = compresión paralela al eje longitudinal.

$\perp$  = compresión perpendicular al eje longitudinal.

\*La resistencia a la compresión perpendicular está calculada para entrenudos rellenos con mortero de cemento.

**Tabla 2.** Módulos de elasticidad,  $E_i$  (MPa), CH=12% (NSR-10 Tabla G.12.7-1)

Módulo promedio E0.5	Módulo percentil 5 E0.05	Módulo mínimo Emin
9.500	7.500	4.000

Esfuerzos admisibles según capítulo G12 de Código NSR-10 (Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente 2010)

Con la Guadua se han erigido construcciones monumentales como el pabellón de Colombia en la expo de Hannover del 2000, dando inicio a su aprobación como material de construcción en Alemania. Pero lo cierto es que con la Guadua se venían construyendo en su mayoría viviendas de bajo costo, no obstante, en la actualidad su uso se ha extendido a viviendas de lujo (Londoño 2002). Los costos de construcción con el empleo de la Guadua, se pueden abaratar hasta un 45% el con respecto a otros materiales (Londoño 2002). En especial por el ahorro en costos de mano de obra, debido a su fácil manipulación y consecuente ahorro en medios auxiliares como grúas, contribuyendo a la minimización del consumo de energía en el montaje de elementos estructurales, en especial en sistemas prefabricados; lo que lo constituye así en un recurso alternativo en la ayuda a la solución del déficit de vivienda en América Latina y con posibilidades de ser alternativa igualmente al uso de maderas estructurales en rehabilitación de forjados y aprovechamiento de terrazas en pro de la densificación del espacio urbano.

Los elementos básicos de Guadua utilizados en construcción son las cañas en su forma natural, rolliza, de secciones de entre 6 y 16 cm de diámetro y longitudes de 6 a 12 metros. Están también las esterillas, que son el producto de un proceso de desenrollado de la caña, derivando en elementos de entre 30 y 40 cm de ancho por 3 a 4 metros de largo, ideal para encofrados, tabiques, cerramientos etc. Y luego están las latas y latillas que son el producto de cortes longitudinales de la caña con los que se obtienen elementos de entre 3 y 4 cm por 3 a 4 metros de largo.

Existen elementos industrializados a base bambú Guadua, tales como tableros y vigas laminadas que se empiezan a comercializar como elementos estructurales, constituyéndose en una alternativa a los fabricados a base de madera.

## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo general

Exponer los adelantos en el desarrollo de una metodología adecuada que mediante indicadores permita evaluar comparativamente con otros materiales, la aportación a la sostenibilidad del bambú Guadua en un edificio o solución constructiva, sirviendo de complemento a los datos aportados por un análisis de ciclo de vida

### 2.2. Objetivos parciales

- Presentar las variables que puedan impactar los factores sociales, culturales, ambientales y económicos, que sirvan de base al establecimiento de indicadores del grado de contribución a la sostenibilidad aportado por el bambú Guadua como componente material en un proyecto de construcción.

- Establecer algunos indicadores previos del grado de contribución a la sostenibilidad aportado por el bambú Guadua como componente material en un proyecto de construcción.

### 3. Resultados

#### 3.1. Variables Identificadas

En el caso particular de la evaluación del bambú Guadua se evalúa su entorno como material natural usado en construcción, que de por sí, aporta a la sostenibilidad, pero se debe conocer su grado de aportación en tal sentido. Tener claro, Quién es el receptor de la evaluación, es otra cosa muy importante a tener en cuenta, ya que el enfoque dado al trabajo de evaluación debe ir en función de sus expectativas y aplicaciones del mismo. En éste orden de ideas, a partir de los datos recopilados en un trabajo de campo realizado en Colombia, Costa Rica y Ecuador, obtuvimos información útil para la identificación de variables que pueden impactar en los factores sociales, culturales, ambientales y económicos, y que sirven como base al marco conceptual de la evaluación del grado de contribución a la sostenibilidad aportado por el bambú Guadua como componente material en un proyecto de construcción. Partiendo de un claro concepto de construcción sostenible y los requisitos que se considera debe cumplir esta construcción; en especial los materiales utilizados, que son responsables de una gran parte del impacto de la construcción, por lo que su adecuada selección puede mejorar el comportamiento ambiental de los edificios, siendo necesaria una medición apropiada de las cargas producidas por dichos materiales.

De acuerdo con los datos obtenidos se han podido determinar impactos relevantes desde el punto de vista ambiental, relacionado directamente con las variables que afectan los servicios ecosistémicos, entendidos estos como las funciones ecológicas que resultan en algún beneficio para los humanos y por lo tanto para satisfacer sus necesidades (Fisher, Turner y Morling 2009), servicios derivados de procesos tales como: regulación de los ciclos hidrológicos, la regulación climática, la calidad del aire, el control biológico, el control de la erosión, la polinización y diversidad del hábitat.

Variables tales como: el porcentaje, localización y densidad de bosque natural de Guadua, cantidad de zonas deforestadas de dichos bosques, áreas de ampliación de las fronteras agrícolas o afectación de los mismos, fruto de la expansión de la zona urbana; afectan de forma importante los procesos ecosistémicos anteriormente mencionados y resultan relevantes a la hora de analizar y valorar el impacto de los bosques naturales de guadua y su contribución en estos procesos. Resultando así de vital importancia en la determinación de indicadores de sostenibilidad relacionados estrechamente con el aspecto ambiental.

De otro lado también se han podido determinar impactos importantes que tienen que ver con variables tales como: el grado de conocimiento y sentido de pertenencia para con la especie bambú Guadua y políticas ambientales, tanto gubernamentales, como institucionales que implican este recurso natural renovable y su contribución a las solución de la problemática medioambiental, y que a su vez afectan el aspecto cultural, como pueden ser aquellos relacionados con los servicios culturales derivados de la cantidad y diversidad de paisajes que, como resultado de los bosques de guadua se generan en beneficio de actividades recreacionales, ecoturísticas y deportivas, de la misma forma que son fuente de inspiración artística y de generación de espacios para realizar estudios de carácter científico, educativo y al mismo tiempo lugares que pueden constituir patrimonio cultural.

Los servicios de soporte y provisión se ven de la misma forma impactados directamente en funciones ecosistémicas tales como: la provisión de productos forestales maderables y no maderables, fuentes de agua, material y recursos genéticos además de recursos ornamentales y estéticos.

En lo que corresponde al aspecto social y partiendo de la relación entre el estado de los ecosistemas y el bienestar de la humanidad, se han identificado variables que guardando estrecha relación con el aspecto cultural, impactan y tienen que ver con componentes de dicho bienestar, tales como: seguridad, ésta relacionada con garantías de integridad derivadas de la calidad de sus viviendas, buenas condiciones de vida, aire y agua puros, bienestar psicológico, cohesión social y cooperación.

De lo anterior se evidencian variables que pueden afectar a más de uno de los aspectos en consideración, que según su afectación, derivan directa o indirectamente de los bosques de bambú Guadua y el recurso natural como tal. Se identifican así las siguientes:

- Conservación de los bosques naturales de Guadua
- Porcentaje de bosques naturales de Guadua
- Densidad de los bosques naturales de Guadua
- Áreas de ampliación de las fronteras agrícolas
- Afectación a los bosques de Guadua por expansión de zonas urbanas

- Grado de conocimiento para con la especie bambú Guadua
- Sentido de pertenencia para con la especie bambú Guadua
- Políticas ambientales gubernamentales e institucionales que involucran el recurso
- Aprovechamiento del recurso Guadua
- Generación de bienestar económico y social derivado del recurso

### **3.2. Establecimiento de indicadores**

El desarrollo de una metodología de evaluación, que permita una cuantificación y análisis objetivo de la sostenibilidad, es una necesidad para avanzar en el logro de la misma (Sarandón y Flores 2009).

En aras de evaluar la sostenibilidad es preciso recurrir a indicadores, y lo primero es entender lo que es un indicador; este es, una variable seleccionada y cuantificada que nos permite ver una tendencia que de otra forma no es fácilmente determinable (Sarandón SJ 1997). De aquí la importancia en identificar variables que sirvan de marco conceptual de evaluación de la sostenibilidad, entendido este marco como el sistema de valores o ideas que define lo que es bueno o malo para la sostenibilidad, y del que se desprenden calificaciones positivas o negativas en relación a la misma (Imbach et al.1997).

El objetivo de los indicadores es proveer una base empírica y numérica para conocer los problemas, calcular el impacto de nuestras actividades en el medio ambiente y para evaluar el desempeño de las políticas públicas (Rodríguez 2002).

Consientes que no existen indicadores universales, debemos particularizarlos basados en la aclaración de las siguientes preguntas: ¿Qué evaluar?, ¿Por qué evaluarlo? y ¿Para qué se evalúa?, de forma que podamos precisar indicadores, tomando como base de las variables más relevantes según corresponda.

Una vez clarificados los conceptos. A partir de las variables identificadas previamente, y teniendo en cuenta su espectro de impacto, se han podido determinar de forma preliminar en ésta primera fase de desarrollo del trabajo algunos indicadores, para, en una siguiente etapa realizar la correspondiente evaluación y cuantificación de dichos impactos.

#### **3.2.1. Uso de la tierra**

Este indicador hace referencia a los inventarios de bosques de Guadua, tanto natural como cultivada, su distribución, porcentaje y densidad, en relación al territorio donde se aprovecha el recurso.

La distribución en una determinada región y la ubicación de los bosques proporciona información relacionada con los servicios ecosistémicos que dichos bosques pueden prestar y su relevancia de uso según la cobertura como potenciadores de los mismos o mitigadores de posibles impactos ambientales. Contribuyendo de forma directa al mejoramiento, restauración y mantenimiento de estos servicios donde tenga presencia.

#### **3.2.2. Tipos de servicio ecosistémico**

Los tipos de servicio ecosistémico, constituyen otro de los indicadores que dentro de la cobertura de análisis aporta información de la calidad y relevancia de cada uno de los diferentes servicios en los que interviene el recurso como unidad e igualmente asociado a otras especies dentro de su propio ecosistema. Pudiéndose identificar la categoría o tipo de servicio (provisión, regulación, soporte o cultura) según sus procesos, entendidos estos como las funciones ecosistémicas prestadas o recursos proveídos, como por ejemplo: provisión de agua, hábitat, recreación, formación de suelo etc.

#### **3.2.3. Aportación al mejoramiento de los servicios ecosistémicos**

El indicador de aportación tiene que ver con la capacidad que tienen los bosques de bambú Guadua o sus unidades como recurso, de contribuir notablemente al mejoramiento, es decir, al incremento de la calidad de los servicios ecosistémicos o la cantidad de recursos proveídos, dependiendo de su cantidad, ubicación y densidad. En la medida en que se mejora el servicio, puede de igual forma contribuir a la restauración y/o garantizar el mantenimiento de otros servicios

#### **3.2.4. Aportación a la restauración de los servicios ecosistémicos**

Es el indicador de la aportación a la restauración de los servicios ecosistémicos, es decir el restablecimiento de un servicio en retroceso antes existente, que presta el recurso asociado a otras especies dentro de su propio ecosistema, como por ejemplo la restauración de servicios degradados por pérdida de densidad, fruto de deforestación o ampliación de las fronteras agrícolas.

#### **3.2.5. Aportación al mantenimiento de los servicios ecosistémicos**

Este indicador está relacionado con la capacidad del recurso o bosque de bambú *Guadua* como garante del mantenimiento o estabilidad de los diferentes tipos de servicios ecosistémicos asociados al mismo y que contribuyen decididamente a evitar o minimizar cualquier tipo de impacto ambiental relacionado con posibles afectaciones fruto de actividades potencialmente contaminantes dentro de su zona de influencia.

#### **3.2.6. Gobernanza del recurso**

Se trata del indicador que hace referencia a la correcta y acertada orientación, así como la eficacia y calidad de la intervención de los estamentos oficiales correspondientes; relacionados con el mantenimiento, normalización de la explotación y legislación para el eficiente aprovechamiento del recurso, garantizando así la aportación de éste al bienestar social en aspectos como: la calidad del aire, la potabilidad de las fuentes de agua, apoyo a la cooperación para la conservación de los recursos. Al tiempo que contribuyen a la potenciación de los servicios culturales prestados por los ecosistemas que contienen dichos recursos.

#### **3.2.7. Identidad del recurso**

La identidad del recurso como indicador se refiere al conocimiento del recurso por parte de la población que se encuentra dentro del círculo de influencia de éste, así como el sentido de pertenencia para con el mismo y las diferentes utilidades que del mismo se haga y que contribuyen tanto a sus aportaciones medioambientales como al mejoramiento de la calidad de vida.

#### **3.2.8. Aprovechamiento local del recurso**

Este indicador está relacionado directamente con aspectos tales como: el uso que se le da la recurso por parte de la población local y la eventual existencia de una cadena de producción y consumo del mismo, las formas de explotación y aprovechamiento, y su posibilidad de producción con proyección a mercados externos.

### **3.3. Relación directa entre indicadores**

La relación existente entre indicadores se analiza en su conjunto, según su incidencia y tipo de impacto de acuerdo con las dimensiones a evaluar: cultural, social, ambiental y económica. Partiendo de un enfoque de sostenibilidad fuerte, que es aquel que considera al capital natural como proveedor de algunas funciones que no pueden ser sustituidas por capital hecho por el hombre (Constanza y Daly 1992), de tal forma que identifiquemos lo vivible como aquella relación que vincula la dimensión social con la ambiental, a través del conocimiento del ambiente y sentido de pertenencia para con este. Lo equitativo como la relación que vincula lo económico con lo social, contribuyendo a la mejora de la calidad de vida. Y lo viable como la relación que vincula la dimensión económica con el medio

ambiente haciendo posible la conservación de los recursos y servicios ecosistémicos con la práctica del cierre de ciclos, es decir, la práctica del reciclaje, reutilización y aprovechamiento de los desechos como materia prima de otros procesos.

Una vez definidos los indicadores, y para su evaluación y valoración preliminar, se identifican las relaciones existentes (tabla 3.) entre ellos de acuerdo con las variables de impacto que resultan comunes, teniendo en cuenta su incidencia mutua y su relevancia.

En una siguiente fase del trabajo se abordará en una estandarización, donde debido a las múltiples dimensiones de la sustentabilidad, los indicadores se expresan en unidades diferentes, en función de

la variable que se quiera cuantificar (ecológica, económica, sociocultural). Habrá indicadores que se expresen en unidades de peso, longitud, área, número (insectos, plantas), actitudes de los productores, ganancia económica, etc. Esto, como es evidente, dificulta enormemente la interpretación de los resultados (Sarandón y Flores 2009). Llegar a una ponderación será uno de los objetivos de la tesis base de éste artículo, para lo cual en su momento se decidirá, la importancia relativa de los diferentes indicadores, según las variables que los componen.

Actualmente se está trabajando en la identificación de sub indicadores que ayuden a precisar la valoración cualitativa, su estandarización y posterior ponderación de los indicadores, tomando como base, entre otros, la calidad de los servicios ecosistémicos previamente identificados. Obedeciendo a un análisis de unidad geográfica con un el nivel de detalle correspondiente a la especie Guadua dentro de un sistema productivo asociado al bosque que la contiene. La ponderación de los indicadores dependerá del peso del servicio ecosistémico según la unidad geográfica de análisis y obedecerá al modelo de indicadores de estado, es decir los que aportan información sobre la situación actual de sistema evaluado.

**Tabla 3.** Matriz de relación directa de indicadores

#	INDICADOR	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Uso de la tierra		X	X	X	X			X
2	servicio ecosistémico	X						X	X
3	Aportación al mejoramiento	X			X	X		X	X
4	Aportación a la restauración	X		X		X		X	X
5	Aportación al mantenimiento	X		X	X			X	X
6	Gobernanza del recurso	X	X	X	X	X		X	X
7	Identidad del recurso	X		X	X	X	X		X
8	Aprovechamiento local del recurso	X	X	X	X	X	X	X	

Los indicadores se analizan en su conjunto, según su incidencia y tipo de impacto

#### 4. Conclusiones

Tras la identificación de los indicadores preliminares a evaluar, se hace evidente la importancia de contar con información de la trazabilidad del recurso, aporte a la sostenibilidad en términos de contribución a la conservación, mejoramiento y restauración de los servicios ecosistémicos, y la calidad de vida de los actores de la cadena de producción, en especial a los productores y todos los involucrados en fases de transformación primaria y comercialización.

Una valoración cuantitativa y cualitativa de los indicadores identificados constituye una información complementaria a la ficha técnica del material y de emisiones de CO2 equivalentes, conformando un argumento importante para el empleo del recurso como material en su forma natural o en soluciones constructivas basadas en el bambú Guadua.

La estructuración de programas institucionales o gubernamentales de la cadena productiva del bambú Guadua aportaría de manera decidida al correcto manejo y aprovechamiento del material, al tiempo que contribuye a la investigación aplicada y formación, permitiendo la capacitación para la

innovación, siendo una de las vías para que la Ciencia y la Tecnología aporte en este sentido a la solución de muchos de los problemas sociales y medioambientales que afrontan las regiones productoras del bambú Guadua.

La metodología resultante de este trabajo podría ser aplicada a otro tipo de materiales, contribuyendo decididamente a complementar los ecocostos, sirviendo de gran ayuda para su conocer su verdadero peso de aportación a la sostenibilidad en la construcción.

## 5. Referencias

- Londoño, Ximena (2011) El bambú en Colombia. *Biotecnología vegetal* Vol. 11, No. 3: 143 - 154
- Betacourt, Riquelme (2009) El cultivo del Bambú y sus beneficios al medio ambiente. *Agricultura orgánica*
- Rodríguez, N. Dill, W. O. Bidegaray, P. Botero, R. (2006) Utilización del bambú (*Guadua angustifolia* Kunth) como una alternativa sostenible de construcción de viviendas en la zona Atlántica de Costa Rica.
- Carniol Umaña, Virginia. (2009) Bambú Guadua: un recurso ecológico. *Tecnología en marcha* Vol 22 P 3 -9
- Imbach, A et al (1997) Mapeo analítico, reflexivo y participativo de la sostenibilidad, MARPS. Unión Internacional para el Cuidado de la Naturaleza (UICN), Costa Rica. 56 p.
- Costanza R, Daly HE. (1992) Natural capital and sustainable development. *Conservation Biology* 6:37-46.
- Sarandón S, Flores C (2009) Evaluación de la sustentabilidad en agroecosistemas: una propuesta metodológica *Agroecología* 4: 19-28
- F. Hendriks, Ch, Vogtländer, Joost, M. T. Janssen, G (2006) The Eco-Costs/Value Ratio: A Tool to Determine the Long-Term Strategy for Delinking Economy and Environmental Ecology. *International Journal of Ecodynamics* Vol 1 136-148  
doi:10.2495/ECO-V1-N2-136-148
- Vogtländer, Joost, Brezet, Han, F. Hendriks, Charles (2001) The virtual eco-costs '99 A single LCA-based indicator for sustainability and the eco-costs-value ratio (EVR) model for economic allocation. *The International Journal of Life Cycle Assessment* Vol 6 157-166  
doi: 10.1007/BF02978734
- Vogtländer, Joost, Lugt, Pablo, Brezet, Han (2010) The sustainability of bamboo products for local and Western European applications. LCAs and land-use. *Journal of Cleaner Production - J CLEAN PROD* Vol 18 1260-1269  
doi:10.1016/j.jclepro.2010.04.015
- Fisher, B et al (2009) Defining and classifying ecosystem services for decision making *Ecological Economics* Vol 68 643-653  
doi:10.1016/j.ecolecon.2008.09.014
- Londoño, Ximena (2002) Recurso de incalculable valor. En: Villegas, M (ed), *Guadua. Arquitectura y diseño*. 1st edn, Bogotá, p 22-39
- Minke, Gernot (2010) *Manual de construcción con Bambú*, Cali
- Liese, Walter (2015) *Bamboo. The plant and its uses*. Switzerland
- Van der Lugt, Pablo, Vogtlander, Joost, Brezet, Hanz (2009) *Bamboo a Solution Sustainable Solution for Western Europe Desing Cases, LCAs and Land-use*. Netherlands
- Takeuchi, C (2004) Comportamiento estructural de la guadua. En: Universidad Tecnológica de Pereira. *Memorias Simposio Internacional Guadua*, Septiembre 27-Octubre 2, 2004. pág. 214-227 Pereira, Colombia
- Van der Lugt, Pablo (2017) Engineered Bamboo Products – A Sustainable Choice?: Industrialized Natural Resources for Architecture and Construction. En: *Cultivated Building Materials*
- Sarandon SJ (1997) Evaluación de la sustentabilidad de agroecosistemas mediante el uso de indicadores. En: III jornadas científicas sobre medio ambiente. Asociación de universidades Del grupo Montevideo. diciembre 10 de 2006
- Walter. V. et. Al. (2014) Evaluación de los Ecosistemas del Milenio 2 Informe de Síntesis. Disponible en <https://www.cbd.int/doc/meetings/ecr/cbwecr-2014-09/other/cbwecr-2014-09-presentation-17-es.pdf>
- Rodríguez C (2002) Diseño de indicadores de sustentabilidad por cuencas hidrográficas Instituto nacional de ecología [https://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/ind\\_sust.pdf](https://www.inecc.gob.mx/descargas/cuencas/ind_sust.pdf)
- AI (2010) Asociación Colombina de ingeniería sísmica Código Colombiano de construcción sismo resistente (2010) Título G-12 NSR-10 Bogotá

## 6. Agradecimientos

El presente escrito está realizado dentro del marco del trabajo de campo del proyecto de investigación de tesis doctoral titulado "Metodología de valoración de la sostenibilidad del uso del bambú Guadua en proyectos de construcción basada en un Análisis de Ciclo de Vida (ACV) integral". Queremos agradecer la valiosa aportación de la Ingeniera Ximena Londoño de la Pava, por la información suministrada, como Taxónoma y coordinadora del núcleo forestal de Guadua La Esmeralda y la finca El Paraíso del Bambú y la Guadua en Montenegro, departamento del Quindío, Colombia. Igualmente agradecemos a la ingeniera Eugenia González como coordinadora del grupo de investigación de la Guadua de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. Así mismo a la arquitecta Eugenia Solís de la Universidad de Costa Rica y el arquitecto Jorge Morán del Ecuador.