

Wood walls insulated with coconut fiber

Keven Villa ^a, César Echavarría ^a & Daniela Blessent ^b

^a Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. kvillaq@unal.edu.co, caechavarria@unal.edu.co

^b Universidad de Medellín, Medellín, Colombia. dblessent@udem.edu.co

Received: July 25th, 2018. Received in revised form: June 18th, 2019. Accepted: June 27th, 2019.

Abstract

Solid wood gives the shape to walls, while panels are the coating and they are nailed or screwed to the wood sections. In the cavities between the wood elements and the panels, a thermal and acoustic insulator must be added. Unfortunately, almost all of the currently used insulators (mineral wool, expanded polystyrene, polyurethane) are not biodegradable and require the use of vapor barriers (polyethylene sheets, aluminum foils, etc.) that deteriorate rapidly and that are relatively environmentally unfriendly. In this article, the use of coconut fiber instead of conventional insulators is suggested. The acoustic absorption and thermal conductivity coefficients of composite sections taken from wood walls with coconut fiber are estimated. In this way, good thermo-acoustic conditions inside the wood building are achieved using an ecological insulating material.

Keywords: coconut fiber; wood; acoustic absorption; thermal conductivity.

Muro de madera aislado con fibra de coco

Resumen

La madera maciza da la forma al muro, los paneles son el recubrimiento y se clavan o atornillan a las secciones de madera. En las cavidades formadas entre los elementos de madera y el panel se debe adicionar un aislante térmico y también un aislante acústico. Infortunadamente, casi todos los aislantes usados en la actualidad (lanas minerales, poliestireno expandido, poliuretano) no son biodegradables y requieren el uso de barreras de vapor (láminas de polietileno, láminas de aluminio, etc.) que se deterioran rápidamente y son relativamente poco amigables con el medio ambiente.

En este artículo, se propone usar la fibra de coco para reemplazar los aislantes convencionales. Se estiman los coeficientes de absorción acústica y de conductividad térmica de secciones compuestas tomadas de un muro de madera con fibra de coco. De esta forma, se busca mantener unas buenas condiciones termo-acústicas en el interior de la edificación de madera usando un material aislante ecológico.

Palabras clave: fibra de coco; madera; absorción acústica; conductividad térmica.

1. Introduction

La madera y los paneles a base de madera (Oriented strand board OSB, contrachapado, etc.) se utilizan intensivamente en la construcción de edificios, tienen excelentes propiedades mecánicas, poseen una alta resistencia axial y un buen comportamiento una vez se someten a cargas cíclicas (UNFCMP [24]). Los muros de madera resisten cargas verticales y laterales de sismo y viento, es un sistema estructural muy eficiente desde el punto de vista mecánico dado su bajo peso y alta resistencia. La madera maciza da la forma al muro, los paneles son el recubrimiento del muro y se clavan o atornillan a las secciones de madera maciza. En las cavidades formadas entre

los elementos de madera y el panel se debe adicionar un aislante térmico y también un aislante acústico para garantizar el confort en la edificación. Infortunadamente, casi todos los aislantes usados en la actualidad (lanas minerales, poliestireno expandido, poliuretano) no son biodegradables y requieren el uso de barreras de vapor (láminas de polietileno, láminas de aluminio, etc.) que aumentan el costo del muro, se deterioran rápidamente y son relativamente poco amigables con el medio ambiente. Se hace entonces deseable encontrar un material aislante ecológico que permita al mismo tiempo un buen comportamiento térmico y acústico del muro de madera.

La fibra de coco es un material natural abundante (Conde [10]), se usa en agronomía como sustrato, se utiliza en una

amplia gama de productos para aplicaciones industriales y en la construcción se ha empleado en el pasado como refuerzo en elementos de hormigón. Sin embargo, la fibra de coco no se ha aprovechado en otro tipo de estructuras.

Esencialmente, la fibra de coco es una fibra natural extraída del tejido mesocarpio del cocotero, es un material compuesto por celulosa, hemicelulosa y lignina. Físicamente, corresponde a la cáscara de la fruta, se caracteriza por tener un color marrón-dorado después de secarse, tiene una longitud promedio entre 15 y 25 cm, es un material higroscópico, tiene una alta resistencia mecánica, tiene baja densidad y posee adicionalmente una alta durabilidad natural (no se afecta por la acción de roedores e insectos, no sufre tampoco la acción de los hongos cuando se seca y no se pudre).

Algunas propiedades físico-mecánicas de la fibra de coco han sido estudiadas en el pasado [6,7,9-13,15,19-21].

Mohanty et al. [20] presentan algunas propiedades de la fibra de coco: densidad que oscila entre 1,15 y 1,46 g/cm³, resistencia a la tracción entre 131 y 220 MPa, módulo de elasticidad entre 4 y 6 GPa. Indican además que las fibras naturales tienen muchas ventajas sobre las fibras artificiales y sintéticas: las fibras naturales no son abrasivas y no dañan los equipos de procesamiento; no causan irritación de la piel durante su manejo y uso; tienen buenas propiedades mecánicas y la cantidad de energía necesaria para su producción es 80% más baja que para la producción de fibras artificiales y sintéticas.

Quintero et al. [21] evaluaron las propiedades físicas, químicas y mecánicas de la fibra de coco y estimaron a su vez las propiedades físicas y mecánicas de morteros reforzados con fibra de estopa de coco. Encontraron que la incorporación de las fibras de coco disminuyó la deformación máxima en los morteros reforzados ensayados en compresión, en tracción indirecta y en flexión.

También se ha estudiado un compuesto reforzado con fibra de coco en matrices epóxicas (Tudu [23]). Se encuentra que el compuesto presenta un buen comportamiento mecánico y que la fibra de coco podría reemplazar eficientemente a otras fibras artificiales y sintéticas.

Asatjarit et al. [7] estudiaron los tableros de fibrocemento con fibra de coco. La investigación determinó que el tablero de fibrocemento con fibra de coco tiene una conductividad térmica más baja que los, convencionales y ampliamente usados, paneles de partículas a base de madera.

Khedari et al. [19] produjeron un bloque de suelo-cemento utilizando fibra de coco. La conductividad térmica promedio de los bloques de suelo-cemento con fibra de coco fue 0,65 (W/(m·K)), la resistencia a la compresión promedio fue 4 MPa y la densidad aparente promedio fue 1587 kg/m³. Al comparar los resultados con bloques de suelo-cemento sin fibra de coco, se estima que el coeficiente de conductividad térmica se redujo un 54%.

Alavez et al. [6] realizaron mediciones de conductividad térmica para comparar el comportamiento térmico de los paneles de ferrocemento rellenos con fibra de coco versus otros materiales de construcción típicos del sur de México: la conductividad térmica del ladrillo fue 0,93 (W/(m·K)), la de los bloques huecos de hormigón normal 0,68 (W/(m·K)), la de los bloques de hormigón aligerado 0,54 (W/(m·K)) y la

conductividad térmica del panel propuesto de ferrocemento con fibra de coco es 0,22 (W/(m·K)). El panel de fibrocemento con fibra de coco tiene mejores propiedades térmicas que las de otros materiales típicos de la zona en estudio y podría utilizarse para mejorar el confort dentro de la edificación construida.

De otro lado, algunos autores [8-9,12,13] han estudiado el comportamiento acústico de elementos estructurales con materiales fibrosos. Hace casi 6 décadas, Biot [9] desarrolló un modelo teórico simplificado para materiales porosos saturados sustituyendo un sólido poroso saturado con un fluido equivalente.

Delany et al. [12] presentan los resultados de una investigación sobre las propiedades acústicas de diversos materiales fibrosos absorbentes.

Ford et al. [14] investigaron 3 tipos de lana mineral con diferentes densidades y una espuma de poliuretano flexible. Evaluaron las impedancias acústicas para cada uno de los materiales estudiados con 2 espesores diferentes.

Fouladi et al. [16] estudian la absorción acústica de la fibra de coco para diferentes frecuencias. Usan el método analítico de Delany et al. [12] y realizan evaluaciones experimentales. La absorción de la fibra de coco sin tratar, para un espesor de la muestra de 30 mm, es 0,70 para frecuencias mayores a 600 Hz.

Diversos investigadores han estudiado entonces la influencia de la fibra de coco en el comportamiento térmico de morteros, de tableros de fibrocemento, de bloques de suelo-cemento y de paneles de ferrocemento. Otros autores han evaluado las propiedades acústicas de la fibra de coco. Estas investigaciones entregan información valiosa pero infortunadamente no evalúan el comportamiento de la fibra de coco en un elemento estructural compuesto de madera.

Se propone en esta investigación usar la fibra de coco para reemplazar, en las estructuras de madera, a los aislantes convencionales. En este artículo, se estima el coeficiente de absorción acústica y el coeficiente de conductividad térmica de secciones compuestas extraídas de un muro de madera con fibra de coco. De esta forma, se busca mantener unas buenas condiciones termo-acústicas en el interior de la edificación de madera sin usar materiales (lanas minerales, poliestireno expandido, poliuretano, láminas de polietileno, láminas de aluminio, etc.) que afecten al medio ambiente.

2. Metodología

Se fabricaron 10 muros de 2,44 m x 2,44 m a partir de dos segmentos de 1,22 m x 2,44 m con elementos verticales y horizontales de Pino de 2" x 4" (secciones de madera maciza de densidad intermedia con dimensiones reales 38 mm x 89 mm) y se clavaron a la madera maciza, en ambas caras del muro, tableros OSB de 15 mm de espesor. Los elementos verticales tienen una separación de 40 cm. La geometría de este muro es muy común en la industria de la construcción con madera (ver Fig. 1).

Para la fabricación de los muros, se realizó previamente una selección de las planchas de madera con el fin de escoger las de mejor calidad y descartar las que presentan una gran cantidad de alteraciones físicas. Para cada pieza de madera



Figura 1. Muro de madera.
Fuente: Los Autores.



Figura 2. Fibra de coco en muro de madera.
Fuente: Los Autores.

Tabla 1.
Propiedades básicas del Pino y del tablero OSB.

| Muestra | Densidad característica (kgf/m ³) | Módulo de elasticidad longitudinal [MPa] | Módulo de elasticidad tangencial [MPa] |
|---------|---|--|--|
| Pino | 340 | 10000 | 1000 |
| OSB | 550 | 3800 | 3000 |

Fuente: Los Autores.

usada, se estima la densidad característica al 12% del contenido de humedad, el módulo de elasticidad longitudinal y el módulo de elasticidad tangencial bajo parámetros de las normas ASTM D143-94 [1] y ASTM D2395-02 [2]. Las propiedades básicas de la madera usada y del tablero OSB se presentan en la Tabla 1.

Posteriormente, se rellenaron las cavidades entre los elementos de madera con la fibra de coco, seca y limpia, con una densidad promedio de 640 kg/m³ (ver Fig. 2).

La conductividad térmica promedio de las secciones de los muros de madera y fibra de coco se estimó en el laboratorio con ensayos para materiales de prueba que tienen de media a baja conductividad térmica según las normas ASTM C518-15 [5] y ASTM C177-13 [4]. La conductividad térmica es una propiedad física de los materiales que mide la capacidad de conducción de calor. Cuanto mayor sea su conductividad térmica, un material será mejor conductor del

calor. Generalmente, los materiales de baja conductividad térmica se usan como aislantes térmicos.

De otro lado, con un tubo de impedancia (tubo de Kundt) se obtuvo, en función de la frecuencia, la impedancia acústica y el coeficiente de absorción acústica promedio de las secciones de los muros de madera y fibra de coco según las normas ISO 10534-2:1998 [18] y ASTM E1050-12 [3]. El coeficiente de absorción acústica es la fracción de la energía sonora absorbida por un material y se expresa con un valor entre 1 (absorción perfecta, sin reflexión) y 0 (cero absorción, reflexión total).

3. Resultados y discusión

3.1 Medición del coeficiente de absorción acústica

Las muestras para determinar el coeficiente de absorción acústica de los muros de madera con fibra de coco se extrajeron aleatoriamente de los 10 muros fabricados y se les dio una forma circular para adaptarlas al diámetro interno del tubo de Kundt (ver Figs. 3 y 4). Se evaluaron 10 secciones transversales de Pino, 10 de OSB, 10 de Pino y fibra de coco y 10 de OSB y fibra de coco.

Para calcular el coeficiente de absorción acústica de una sección es necesario obtener el factor de reflexión, la impedancia característica del medio de propagación, la impedancia acústica dentro del patrón de onda estacionaria y la razón de onda estacionaria. La Tabla 2 muestra los coeficientes de absorción acústica obtenidos.

Se evidencia que las secciones compuestas (Pino con fibra de coco y OSB con fibra de coco) presentan un mejor comportamiento acústico que las muestras aisladas de Pino y OSB. Los valores obtenidos en las secciones compuestas con fibra de coco para frecuencias menores a 2000 Hz son idénticos a los encontrados por Shiney et al. [22], con un tubo de Kundt, en tejidos aislados de fibra de coco. Se comprueba que la presencia del Pino y del OSB no afecta el comportamiento acústico de la fibra de coco y tampoco el de la sección compuesta. La fibra de coco mejora ligeramente el comportamiento acústico del muro de madera.

El coeficiente de absorción acústica de las secciones compuestas con fibra de coco es muy bajo respecto a los valores reportados por la literatura para los materiales aislantes convencionales. Específicamente, la lana de roca y otras fibras minerales tienen coeficientes de absorción acústica mayores que 0,50 para frecuencias superiores a 250 Hz (Vorländer [25]).



Figura 3. Sección compuesta de Pino y fibra de coco.
Fuente: Los Autores.



Figura 4. Sección compuesta de OSB y fibra de coco.
Fuente: Los Autores.



Figura 5. Equipo de medición de coeficiente de absorción térmica.
Fuente: Los Autores.

Tabla 2.
Valores promedio del coeficiente de absorción acústica.

| Frecuencia Hz | 250 | 500 | 1000 | 2000 |
|----------------------|-----------------------------------|------|------|------|
| Muestra | Coeficiente de absorción acústica | | | |
| Pino | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,01 |
| OSB | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,04 |
| Pino y fibra de coco | 0,08 | 0,13 | 0,08 | 0,07 |
| OSB y fibra de coco | 0,06 | 0,05 | 0,04 | 0,06 |

Fuente: Los Autores.

Se puede apreciar que, a pesar de que las muestras corresponden a diferentes secciones de muro, los valores obtenidos no son esencialmente diferentes. Aunque la fibra de coco puede presentar una buena absorción acústica; la madera y el panel OSB, ubicados en las caras externas de las muestras compuestas, reciben directamente la onda sonora; un bajo porcentaje de energía logra llegar por lo tanto a la fibra de coco y la absorción principal estará asociada a la madera y al panel OSB.

3.2 Medición de coeficiente de absorción térmica

Se ensayaron 10 secciones transversales de Pino, 10 de OSB y 10 de fibra de coco extraídas aleatoriamente de los 10 muros fabricados. Las muestras, con un contenido de humedad de 12%, se evalúan con el equipo TCi Thermal Analyzer C-Therm™ (ver Fig. 5). La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos.

Específicamente, la fibra de coco presenta un coeficiente de conductividad térmica menor que 0,04 (W/(m·K)) y se clasifica entonces como un excelente aislante térmico (ver Hens [17]).

Se encuentra que las muestras con fibra de coco tienen idénticas propiedades térmicas que las de otros materiales típicos de aislamiento (fibra de vidrio y lana mineral, ver Tabla 4).

Tabla 3. Valores promedio del coeficiente de conductividad térmica.

| Muestra | Coeficiente de conductividad térmica (W/(m·K)) |
|---------------|--|
| Pino | 0,26 |
| OSB | 0,45 |
| Fibra de coco | 0,04 |

Fuente: Los Autores.

Tabla 4.
Coeficiente de conductividad térmica.

| Material | Coeficiente de conductividad térmica (W/(m·K)) |
|-----------------|--|
| Fibra de vidrio | 0,05 |
| Lana mineral | 0,05 |
| Yeso | 0,40 |
| Mortero | 0,90 |
| Hormigón | 2 |
| Mármol | 3,50 |

Fuente: Hens [17].

De otro lado, si consideramos materiales ecológicos: la paja comprimida, material aislante de origen natural usado frecuentemente en Europa en estructuras de madera, tiene un coeficiente de conductividad térmica de 0,065 (W/(m·K)) (Courgey [11]). La fibra de coco entrega entonces un coeficiente de conductividad térmica menor que el de la paja comprimida.

La sección compuesta con fibra de coco es por lo tanto una alternativa sostenible con una baja conductividad térmica. No sobra decir que desde el punto de vista térmico, las estructuras de madera pueden tener un mejor comportamiento que las de hormigón y acero (Courgey [11]).

4. Conclusiones

Se comparan las propiedades térmicas y acústicas de los muros de madera con fibra de coco estimadas experimentalmente con las propiedades de materiales de construcción usados habitualmente en las edificaciones. Se encuentra que la fibra de coco posee muy buenas propiedades como aislante térmico y aceptables propiedades como aislante acústico.

La utilización de muros compuestos de madera con fibra de coco en la construcción de edificios, aprovechando su baja conductividad térmica, tendrá un impacto positivo en el confort térmico de la estructura.

Si consideramos la absorción acústica, son pocos los materiales de construcción que pueden competir de forma satisfactoria con los más clásicos como la lana de roca. No obstante, la fibra de coco mejora ligeramente la absorción acústica de la sección compuesta (Pino con fibra de coco y OSB con fibra de coco) del muro de madera, lo que indica

que su utilización es viable. En cualquier caso, sigue siendo una asignatura pendiente conseguir materiales que con pequeños espesores (del orden de 4 o 5 cm) presenten una buena absorción acústica.

En una etapa posterior de este estudio, se debe también evaluar experimentalmente la permeabilidad al vapor de agua del muro de madera con fibra de coco y se debe desarrollar un modelo numérico del comportamiento térmico y acústico del muro de madera.

Es claro que las mejoras en el comportamiento mecánico, acústico y térmico de los muros de madera representan una oportunidad para lograr un óptimo uso de la madera maciza, de los paneles a base de madera y de las fibras naturales como insumos del sector de la construcción de edificios.

Referencias

- [1] American society for testing and materials (ASTM). ASTM D143-94 (1994). Standard methods of testing on small clear specimens of timber. ASTM Annual Book of Standards, West Conshohocken, Pa, 2006.
- [2] American society for testing and materials (ASTM). ASTM D2395-02 (2002). Standard test methods for specific gravity of wood and wood-based materials. ASTM Annual Book of Standards, West Conshohocken, Pa, 2006.
- [3] American society for testing and materials (ASTM). ASTM E1050-12 (2012). Standard test method for impedance and absorption of acoustical materials using a tube, two microphones and a digital frequency analysis system. ASTM Annual Book of Standards, West Conshohocken, Pa, 2012.
- [4] American society for testing and materials (ASTM). ASTM C177-13 (2013). Standard test method for steady-state heat flux measurements and thermal transmission properties by means of the guarded-hot-plate apparatus. ASTM Annual Book of Standards, West Conshohocken, Pa, 2013.
- [5] American society for testing and materials (ASTM). ASTM C518-15 (2015). Standard test method for steady-state thermal transmission properties by means of the heat flow meter apparatus. ASTM Annual Book of Standards, West Conshohocken, Pa, 2015.
- [6] Alavez, R., Chiñas, F., Morales, V.J. and Ortiz, M., Thermal conductivity of coconut fibre filled ferrocement sandwich panels. *Construction and Building Materials*, 37, pp. 425-431, 2012. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2012.07.053
- [7] Asatutar, C., Hirunlabh, J., Khedari, J., Charoenvai, S., Zeghami, B. and Cheul-Shin, U., Development of coconut coir-based lightweight cement board. *Construction and Building Materials*, 21(2), pp. 277-288, 2007. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2005.08.028
- [8] Ayub, M., Nor, M.J.M., Fouladi, M.H., Zulkifli, R. and Amin, N., A practical acoustical absorption analysis of coir fiber based on rigid frame modeling. *Acoustical Physics*, 58(2), pp. 246-255, 2012., DOI: 10.1134/s1063771012020194
- [9] Biot, M.A., Theory of propagation of elastic waves in a fluid saturated porous solid. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 28(2), pp. 168-178, 1956. DOI: 10.1121/1.1908239
- [10] Conde, S., Estudio de la fibra de coco con resina poliéster para la manufactura de palas de aerogeneradores de pequeña potencia. Universidad del Istmo Campus Tehuantepec, Santo Domingo Tehuantepec, Oaxaca, 2010.
- [11] Courgey, S., Maisons bois chanvre et paille sur la commune de Montholier - Une expérimentation matériaux renouvelables. Collection recherche développement métier. Fédération française du bâtiment. Paris, SEBTP, 2010.
- [12] Delany, M.E. and Bazley, E.N., Acoustical properties of fibrous absorbent materials. *Applied Acoustics*, 3(2), pp. 105-116, 1970. DOI: 10.1016/0003-682x(70)90031-9
- [13] Dunn, I.P. and Davern, W.A., Calculation of acoustic impedance of multi-layer absorbers. *Applied Acoustics*, 19(5), pp. 321-334, 1986. DOI: 10.1016/0003-682x(86)90044-7
- [14] Ford, R.D. and West, M., The fundamental acoustic parameters of two commonly used absorbent materials. *Applied Acoustics*, 3(2), pp 89-103, 1970. DOI: 10.1016/0003-682X(70)90030-7
- [15] Frémond, Y., Ziller, R. and De Nuce-De Lamothe, M., The coconut palm. International Potash Institute, Berne, Switzerland, 1968.
- [16] Fouladi, M.H., Ghassem, M., Ayub, M. and Mohd-Nor, M.J., Implementation of coir fiber as acoustic absorber material. *Noise & Vibration Worldwide*, 42(9), pp.11-16, 2011. DOI: 10.1260/0957-4565.42.9.11
- [17] Hens, H., *Applied building physics - Ambient conditions, building performance and material properties*. Wiley Ernst & Sohn. Darmstadt, Germany, 2016.
- [18] International Organization for Standardization (ISO), 10534-2:1998. *Acoustics - Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes - Part 2: Transfer-function method*, 1998.
- [19] Khedari, J., Watsanasathaporn, P. and Hirunlabh, J., Development of fibre-based soil-cement block with low thermal conductivity. *Cement and concrete composites*, 27(1), pp. 111-116, 2005. DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2004.02.042
- [20] Mohanty, A.K., Misra, M. and Drzal, L.T., *Natural fibers, biopolymers, and biocomposites*. CRC Press, 2005. DOI: 10.1201/9780203508206
- [21] Quintero, S.L. and González, L.O., Uso de fibra de estopa de coco para mejorar las propiedades mecánicas del concreto. *Ingeniería y Desarrollo*, 20(Julio-Diciembre), pp. 134-150, 2006.
- [22] Shiney, A. and Premlet, B., Acoustic properties of composite coir mats. *IOSR Journal of Applied Physics*, 6(3), pp. 18-23, 2014.
- [23] Tudu, P., Processing and characterization of natural fiber reinforced polymer composites. Department of mechanical engineering, National Institute of Technology, Rourkela-769008, Rourkela, India, 2009.
- [24] UNFCMP - Union nationale française de charpente, menuiserie, parquets. Structures en bois aux états limites: Introduction à l'Eurocode 5 - Matériaux et bases de calcul - STEP 1. Eyrolles, Paris, France, 1996.
- [25] Vorländer, M., *Auralization - Fundamentals of acoustics, modelling, simulation, algorithms and acoustic virtual reality*. Springer, Berlin, Germany, 2008.

K. Villa, is a student of Architecture Construction at the Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. His research interests include: composite materials, timber structures and retrofit of structures. ORCID: 0000-0002-0481-6731

C. Echavarría, received the BSc. in Civil Engineering in 1995 from the Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, MSc. in Timber Structures in 2001 and PhD in Sciences in 2004 all of them from the École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland. From 1995 to 1999, he worked for consulting companies within the Civil Engineering sector and since 2007 has been working for the Universidad Nacional de Colombia. Currently, he is associate professor in the Faculty of Architecture, Universidad Nacional de Colombia, campus Medellín, Colombia. His research interests include: composite materials, analytical modeling of joints, timber structures and retrofit of structures. ORCID: 0000-0002-2885-1945

D. Blesent, is BSc. in Environmental Engineering in 2004, from the Politecnico di Torino, Italia. She finished a PhD in Earth Sciences in 2009 from the Université Laval, Québec, Canadá, with focus on numerical modeling in hydrogeology. Then she worked as professor in the Ecole Polytechnique de Montreal, Canadá, from 2010 to 2013. Since 2013 has been working in the Universidad de Medellín, Colombia, she is associate editor of the *Hydrogeology Journal*. Since 2014 she has started working on geothermic and characterization of thermal properties of materials. ORCID: 0000-0002-8347-381X