

# CARACTERIZACIÓN ANALÍTICA DE MATERIALES CONSTRUCTIVOS DE TIERRA EN VIVIENDAS RURALES POPULARES DE LA PROVINCIA DE LA RIOJA, ARGENTINA

Guillermo Rolón<sup>1</sup> y Margarita Do Campo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Arte Americano e Investigaciones Estéticas, FADU-UBA, Ciudad Universitaria, Buenos Aires, Argentina. <sup>2</sup>Instituto de Geocronología y Geología Isotópica, CONICET, Ciudad Universitaria, Buenos Aires, Argentina.

E-mail: grolon@fadu.uba.ar; marga@ingeis.uba.ar.

**Tema 2:** Innovaciones en los componentes constructivos

**Palabras-clave:** Elementos constructivos de tierra, Construcciones históricas, Arqueometría

## Resumen

La tierra cruda ha sido el material de construcción empleado de manera predominante en la arquitectura rural popular de la provincia argentina de La Rioja. En el presente trabajo se exponen los resultados preliminares de estudios analíticos realizados sobre muestras de diversos elementos constructivos (muros, cercos, pilares, revoques, techos y terraplenes) procedentes de los valles del Velasco y de Antinaco – Los Colorados de la citada provincia. El objetivo de este estudio es identificar técnicas y materiales constructivos de construcciones rurales de los últimos 200 años dentro del área señalada. Con estos datos se podrán identificar construcciones que por características tecnológicas singulares sean pasibles de ser catalogadas como patrimonio, y posteriormente tomar decisiones en cuanto a la preservación de dicho patrimonio.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Factores

La arquitectura vernácula de la provincia de La Rioja (Argentina), tanto urbana como rural, se ha caracterizado durante gran parte de su historia por la preponderancia de construcciones realizadas en base a tierra cruda (Canepuccia *et al*, 1976; Armellini *et al*, 1970; FAU, 1969). En efecto, en el ámbito de la vivienda rural popular esta tecnología es empleada en la elaboración de una importante variedad de elementos constructivos a base de tierra cruda (ECT) como muros, cercos, pilares, revoques, techos y terraplenes. Las principales causas de la persistencia y difusión de esta tecnología son: la amplia disponibilidad de esta materia prima en la región, su relativo aislamiento respecto de importantes centros urbanos e industriales (debido a las circunstancias geográficas) y la transmisión oral de los conocimientos.

Durante muchos años las Arquitecturas de Tierra fueron menospreciadas y consideradas sinónimo de pobreza, sin tener en cuenta las ventajas que presentaban desde diversos puntos de vista tanto económicos como de aislamiento térmico y sustentabilidad ambiental, temas hoy en boga. Sin embargo en las últimas décadas esta tecnología ha sido revalorizada, tanto para la ejecución de obras nuevas como para la intervención sobre el patrimonio ya construido (Martínez-Camacho *et al*, 2008, Avrami *et al*, 2008). A esto se suma la intensa actividad de estudio por parte de profesionales, investigadores y constructores especializados que está permitiendo ampliar el conocimiento acumulado sobre estas técnicas, así como sobre las propiedades tecnológicas de los materiales empleados (Guerrero Baca, 2007; Jiménez delgado y Cañas Guerrero, 2006; Cañas Guerrero *et al*, 2005).

### 1.2 Objetivos y caracterización de área de estudio.

El objetivo del presente trabajo fue caracterizar los ECT de viviendas rurales populares de la provincia de La Rioja, focalizando en aquellas realizadas en los últimos doscientos años, mediante el empleo de diversas técnicas analíticas. En esta primera parte del trabajo el área de estudio se circunscribió al sector de valles de la provincia, en particular a los valles de Antinaco-Los Colorados y Velasco (Figura 1). De esta manera, se buscó obtener datos que permitan caracterizar las tecnologías constructivas empleadas, sobre la base de datos empíricos tales como densidad, granulometría, mineralogía, contenido de C, etc. Cada una de las muestras originales sirvió como fuente de submuestras con las cuales se realizaron las diferentes determinaciones analíticas. Además de las muestras que se tomaron de ECT (argamasas,

revoques, adobes y tortas de techos) se analizaron muestras de suelos correspondientes a zonas aledañas a las viviendas, o a áreas indicadas por los lugareños como fuentes de aprovisionamiento. Otro de los objetivos es identificar construcciones que por la singularidad de sus características tecnológicas sean pasibles de ser catalogadas como patrimonio, y posteriormente tomar decisiones en cuanto a la preservación de dicho patrimonio.

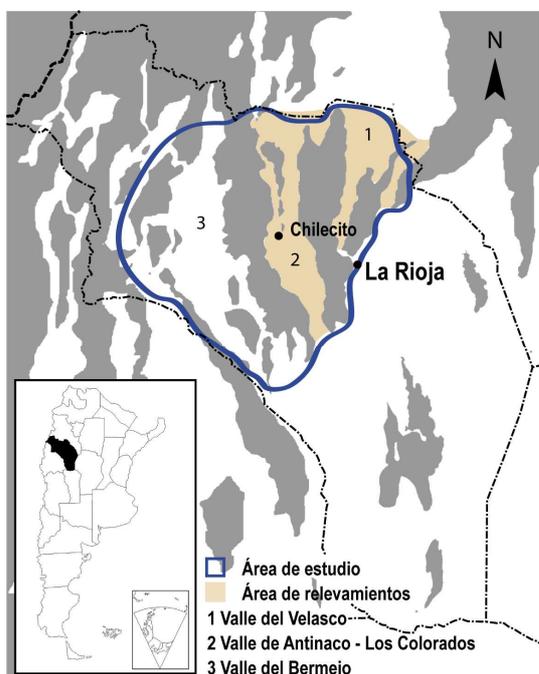


Figura 1: Ubicación (Elaboración propia)

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Materiales y métodos

Los estudios analíticos fueron realizados en su totalidad en el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS, UBA-CONICET). Hasta el momento se realizaron los siguientes ensayos para un total de 29 muestras: análisis de textura (granulometría), contenido de fibras vegetales, determinación de densidad, contenido de materia orgánica, contenido de fósforo disponible en sedimento, análisis mineralógico de roca total por difracción de rayos-X e identificación de color Munsell en seco.

Los análisis de textura, contenidos de materia orgánica y de fósforo disponible en sedimento se realizaron en el Laboratorio de Agroambiente. Para el análisis de textura se empleó el método de Bouyoucos utilizando 100 g de muestra. Para determinar el contenido de materia orgánica se empleó el método Walkley-Black, que cuantifica el carbono orgánico íntimamente ligado a la fracción mineral del suelo (COS), es decir, el porcentaje de humus de cada muestra (Schumacher 2002). Para conocer el contenido de fósforo disponible en suelo se estableció mediante el método de Kurtz y Bray I. En ambas determinaciones se emplearon 5 g de muestra molida a polvo. Los resultados del análisis granulométrico se volcaron en gráficos triangulares de porcentajes relativos de arcilla, limo y arena.

Se determinó la densidad de adobes y de argamasas (morteros de asiento y revoques) a partir de submuestras de < 30 g, dadas las características de los instrumentos de medición utilizados. La densidad de los ETC correspondientes a tortas no pudo medirse debido a su escasa cohesión. En primer lugar se procedió a secar las muestras en estufa a 50 °C hasta alcanzar peso constante. Luego, las muestras fueron impermeabilizadas con barniz acrílico y el volumen fue estimado midiendo el peso de líquido desplazado al sumergir la muestra (Principio de Arquímedes). Dado que el líquido desplazado era agua destilada el peso del líquido desplazado (g) equivale a su volumen (cm<sup>3</sup>). La densidad de las muestras fue calculada según la ecuación:

Densidad (g/cm<sup>3</sup>) = peso seco de la muestra (g) / volumen de agua destilada desplazada (cm<sup>3</sup>)

Para estimar el contenido porcentual en peso de fibra vegetal presente en los ETC se diseñó un procedimiento de separación por flotación. Por medio de inspección visual se seleccionaron las muestras que presentaban indicios de fibra vegetal en su constitución, para el resto se consideró que no contenían fibra o su porcentaje se encontraba por debajo del límite de detección (< 0,1% en peso). Se tomaron aproximadamente entre 110 y 160 g de muestra de los ETC seleccionados y se secaron en horno a 50 °C durante una hora para estimar su peso en seco. Luego se disgregaron e inmediatamente fueron tamizados en tamiz N° 60 para eliminar el limo y la arcilla. Lo retenido en tamiz se volcó en vaso de precipitado y se colmó con agua, separándose la fibra vegetal que flotaba. Dado que no todo el contenido de fibra vegetal flota, se procedió luego con colador de malla de igual dimensión. Se coló hasta tres veces el vaso colmatado y se fue descartando el contenido de arena decantado. El contenido de fibra retenido en el colador se reunió finalmente con la primera tanda de fibra separada por flotación en un vaso de precipitado y se secó en horno a 50 °C una noche. Por último se tomó registro del peso y se calculó el valor porcentual en peso según la ecuación:

Fibra vegetal (%) = peso de fibra vegetal (g) / peso seco de la muestra (g) × 100

El análisis mineralógico de las muestras se realizó por difracción de rayos X (DRX) mediante el método del polvo, empleando un difractómetro Philips equipado con goniómetro vertical y radiación de CuK $\alpha$ . Para realizar este análisis a las muestras fueron molidas en un mortero de ágata y el polvo obtenido (tamiz malla 200) se colocó en el portamuestras, procurando no ejercer presiones que pudieran causar orientación preferencial (de la Torre López, 1995). La determinación de coloración de las muestras se realizó en seco con luz de día mediante comparación con la Tabla de Color Munsell.

## 2.2 Resultados

De acuerdo a la clasificación de Neves *et al* (2009) las texturas de las muestras de ECT se encuentran relativamente concentradas, ubicándose en los campos de “tierra, tierra limosa y tierra limo arcillosa”. En el caso de muestras correspondientes a adobes (puntos azules), la dispersión es menor. En cambio, la textura de los suelos resultó más variable que la de los ECT, siendo en general más arenosos (Figuras 2). Como se observa en la Figura 2, en los ECT los porcentajes de arcilla son en todos los casos inferiores al 30%, mientras que en la textura de suelos este valor se reduce al 20% (salvo en la muestra VM2).

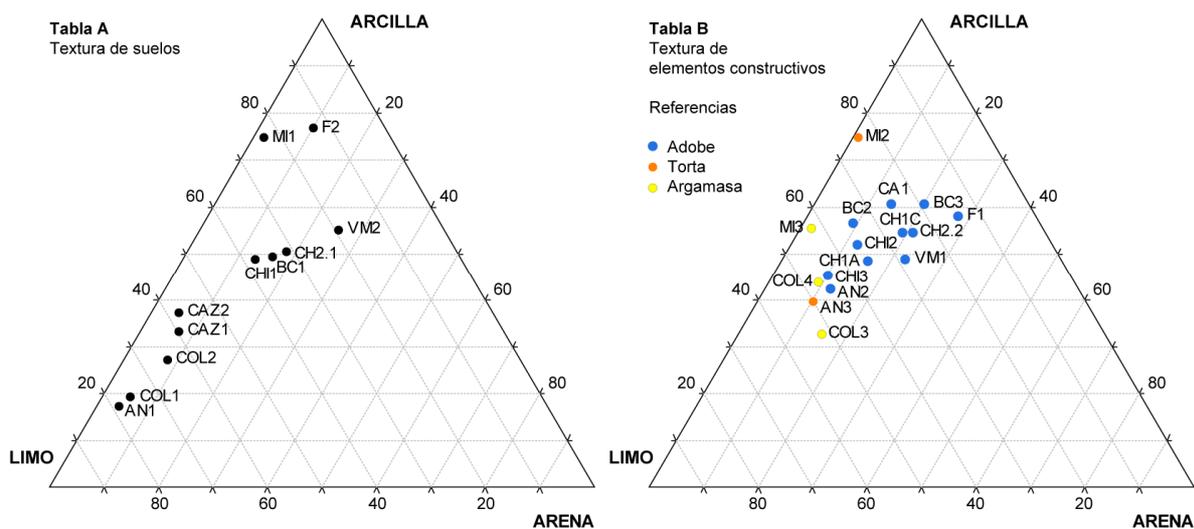


Figura 2. Porcentajes relativos de arcilla – limo – arena (elaboración propia).

Abreviaturas aclaración: Las muestras AN1-AN2-AN3-VM1-VM2 fueron colectadas en diferentes sitios del Valle del Velasco, por su parte, las muestras BC1-BC2-BC3-CA1-CHI1-CHI2-CH1A-CH1C-CH2.1-CH2.2-CH3-CAZ1-CAZ2-COL1-COL2-COL3-COL4-F1-F2 lo fueron en el Valle de Antinaco-Los Colorados. La siglas de la abreviatura corresponden a los nombre de los sitios de relevamiento: Anillaco (AN), Bajo Carrizal (BC), Capayán (CA), Chilecito (CHI), Chañarmuyo (CH), Catinzaco (CAZ), Famatina (F), Los Colorado (COL) y Villa Mervil (VM).

Los contenidos de fibra vegetal de los ECT no superan el 3,5% (m/m), existiendo casos en los cuales esta ausente, o era tan escasa que no se las llega a detectar. Por su parte, los valores de densidad de los ECT se ubicaron en el rango de 1,30 a 1,80 g/cm<sup>3</sup>, con una  $\bar{x}=1,59$  g/cm<sup>3</sup>, un S= 0,14, ubicándose la mayor parte de los valores por encima de 1,55 g/cm<sup>3</sup>. En cuanto al contenido de carbono orgánico se obtuvieron valores de media y desviación estándar mayor para ECT ( $\bar{x}=12,22$  g/kg, S=10,28) que para suelos ( $\bar{x}=5,30$  g/kg, S= 5,07). Para el contenido de fósforo se obtuvo en ECT un valor de media  $\bar{x} =32,85$  mg/kg con desviación estándar de S=33,30, mientras que los valores obtenidos para suelos son de  $\bar{x}=47,18$  mg/kg y S=47,35. Los minerales identificados en los ECT fueron, en todos los casos: minerales de arcilla, cuarzo, mica, plagioclasas y feldespato potásico. Sólo en algunas muestras se detectaron además calcita, hematita, clorita, analcima, heulandita y yeso (Tabla 1, primera parte). La identificación de color en Munsell<sup>1</sup> arrojó una agrupación muy concentrada de *Hue* (H) entre los valores 5YR y 2,5Y (menos de un cuarto del espectro de *Hue*), con índices de *Value* (V) y *Chroma* (C) algo más variables para muestras de igual procedencia (Tabla 1, segunda parte).



surgido del análisis de los gráficos triangulares de distribución granulométrica sugiere que suelos que no resultaban aptos para construir (AN1, COL1, COL2, F2 y M1) fueron modificados de forma tal de llevar su composición granulométrica a los campos de “tierra, tierra limosa y tierra limo arcillosa”. Este hecho surge de comparar la textura de ECT y suelos de una misma área. En la figura 2 se puede observar además que los puntos correspondientes a suelos resultan más dispersos que los que corresponden a ECT.

Con el objetivo de mejorar la resistencia a la tracción y evitar las fisuras por retracción durante secado de los adobes, resulta frecuente agregarles fibras vegetales (Binici *et al*, 2005) durante la preparación del barro. Se pudo comprobar que las variaciones en la densidad de los adobes se pueden explicar en gran parte por la incorporación de este aditivo. En particular el grupo Capayán<sup>2</sup> (BC3, CA1 y F1) se diferencia del resto por presentar los contenidos más altos de fibra vegetal y las densidades más bajas (Figura 3). Es posible que las características que presenta el grupo Capayán, que permiten diferenciarlo del resto de las muestras, obedezcan a tradiciones constructivas locales. Cabe destacar que dichas muestras corresponden a localidades próximas entre sí ubicadas en el sector medio del Valle de Antinaco – Los Colorados.

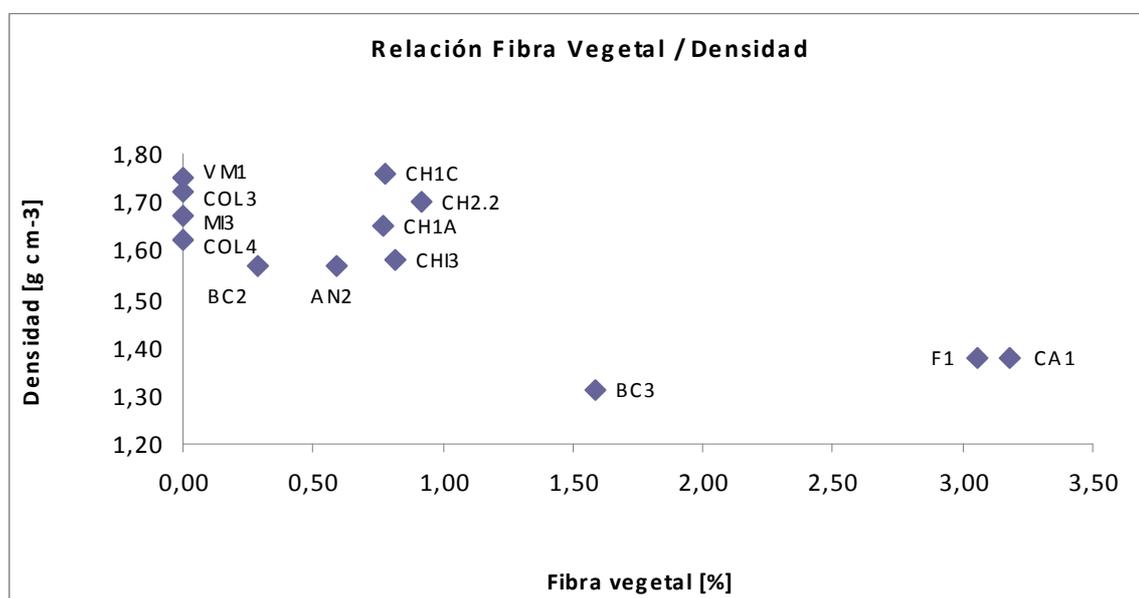


Figura 3. Gráfico de relación fibra vegetal vs densidad (elaboración propia).

Por otro lado, se observó una correlación positiva entre densidad y porcentaje de limo-arcilla en la mayor parte de los materiales constructivos analizados (Figura 4). Si bien no se realizaron ensayos mecánicos específicos, la densidad da idea del grado de cohesión de los ECT, y entendemos que el aumento de la densidad se debe a una menor porosidad en los materiales que contienen mayor porcentaje de partículas finas. Los ECT del grupo Capayán se alejan de la tendencia señalada, probablemente debido a su mayor contenido de fibra vegetal y no a su textura.

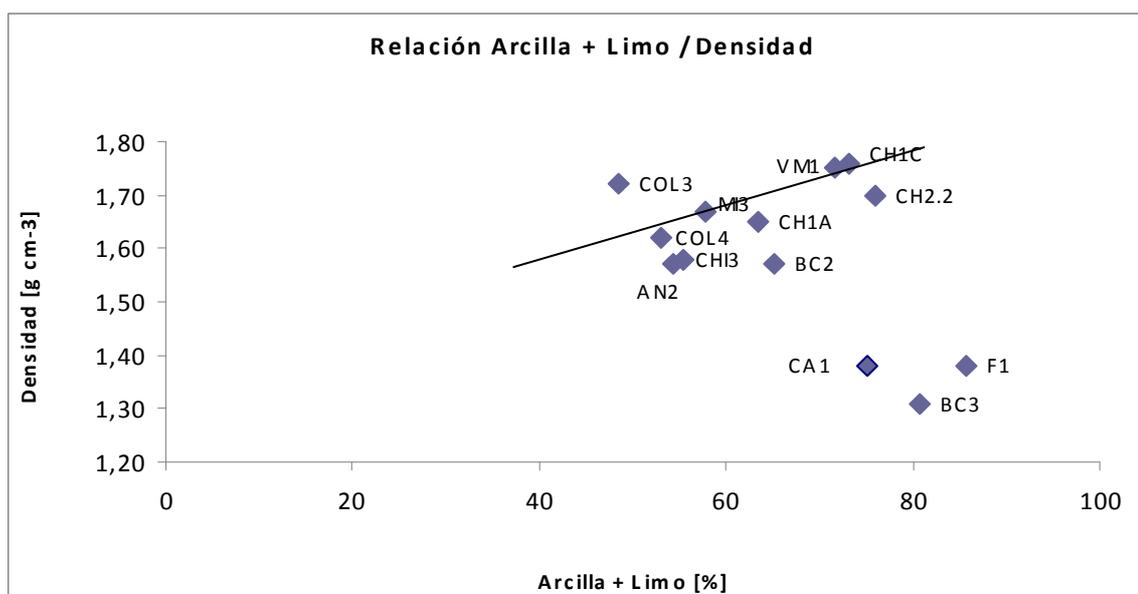


Figura 4. Gráfico de relación arcilla + limo vs densidad (elaboración propia).

Respecto de las características de color, si bien existe poca variación en las tonalidades, la presencia de hematita coincide con la variación al rojizo de algunas de las muestras, principalmente aquellas que proceden de Chañarmujo y de Los Colorados. En cambio las muestras de Miranda (MI1, MI2 y M3) presentan colores más claros que se vinculan con la presencia de yeso (para estas muestras no se determinó el color Munsell).

#### 4. CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos se desprende que las técnicas constructivas no resultaron homogéneas en el área de estudio. Tampoco son homogéneos los suelos de los que se dispone en cada región, que muy probablemente fueron la materia prima empleada para construir. Los estudios realizados han permitido identificar, en principio, un grupo de elementos constructivos (como es el caso del denominado grupo Capayán) que presenta características particulares y bastante similares para los diversos ECT analizados, y que además, provienen de una misma zona geográfica.

Todavía restan realizar estudios adicionales para lograr una definición más precisa de las características de los elementos constructivos en tierra cruda empleados en la ejecución de las viviendas rurales de la región de valles de La Rioja. Está contemplado obtener cortes delgados de los ECT para realizar observaciones con microscopio óptico, así como ensayos para determinar propiedades físicas y mecánicas. Además se incluirán nuevas muestras procedentes del tercer valle de esta región (valle del Bermejo) para que el área abarcada y la cantidad de muestras empleadas en la investigación sean más representativas.

#### 5. BIBLIOGRAFÍA

Armellini, O., Cópola, H., Iglesias Molli, G. y Rosso, R. (1970). *Programación de vivienda y servicios comunitarios en el Valle de Antinaco – Los Colorados: Provincia de La Rioja*. Anexo 3.1: Estudio particularizado de la vivienda en el área. Convenio Consejo Agrario Nacional – Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad de Buenos Aires – Instituto de Investigaciones de la Vivienda. Buenos Aires.

Avrami, E., Guillaud, H. y Hardy, M. (2008). *Terra Literature review. An Overview of research in earthen Architecture Conservation*. The Getty Conservation Institute. Los Angeles.

Binici, H., Aksogan, O. y Shah, T. (2005). *Investigation of fibre reinforced mud brick as a building material*. *Construction and Building Materials* 19: 313–318.

Canepuccia, P., Castro, H., Ocvirk, M. y Ostropolsky, E. (1976). *Viviendas tradicionales en zona árida: La Rioja*. Programa de la OEA para la Vivienda. Publicación del centro de investigación Mendoza – IADIZA – LAHV. Mendoza.

Caña Guerrero, I., Martín Ocaña y González Requena, S. (2005). *Thermal-physical aspects of materials used for the construction of rural buildings in Soria (Spain)*. *Construction and Building Materials* 19:197–211.

De la Torre López, M. (1995) *Estudio de los materiales de construcción en La Alhambra*. Monográfica Arte y Arqueología 28. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Universidad de Granada.

Doat, P., Hays, A., Houben, H. y Matuk, S. (1979). *Construire en terre. Craterre*, París.

FAU (Facultad de Arquitectura y Urbanismo). (1969). *Tipos predominantes de vivienda natural en la República Argentina*. Instituto de Investigaciones de la Vivienda. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.

Guerrero Baca, L. Coord. (2007). *Patrimonio construido con tierra*. UAM, México.

Jiménez Delgado, M. y Cañas Guerrero, I. (2006). *Earth building in Spain*. *Construction and Building Materials* 20: 679–690.

Martínez-Camacho, F., Vázquez-Negrete, J., Lima, E., Lara, V. y Bosch, P. (2008). *Texture of nopal treated adobe: restoring Nuestra Señora del Pilar mission*. *Journal of Archaeological Science* 35:1125-1133.

Minke, G. (2008). *Manual de Construcción con Tierra. La tierra como material de construcción y su aplicación en la arquitectura actual*. Editorial Fin de Siglo, Tercera edición, Montevideo.

Neves, C.; Faria, O.; Rotondaro, R.; Cevallos, P.; Hoffmann, M. (2009). *Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo*.

Schumacher, B. (2002). *Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments*. Ecological Risk Assessment Support Center (ERASC). Office of Research and Development. US. Environmental Protection Agency.

Viñuales, G., Neves, C., Flores, M. y Ríos, L. (1994). *Arquitecturas de Tierra en Iberoamérica*. Habiterra. Programa de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. Buenos Aires.

## 6. NOTAS

<sup>1</sup> La tabla Munsell emplea tres parámetros para la clasificación de colores: Tono o *Hue*, Claridad o *Value* y Colorido o *Chroma*. La principal referencia es el Tono y luego los índices de Claridad y Colorido definen con mayor especificidad el Tono.

<sup>2</sup> Denominación asignada por encontrarse a lo largo del río Capayán, en el Departamento de Famatina.

**Guillermo Rolón** es arquitecto desde 2008. Desarrolla actividades de investigación dentro del Instituto de Arte Americano de la Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo de la UBA. Becario Doctoral del CONICET. Investiga sobre la vivienda rural popular en la Provincia de La Rioja, Argentina.

**Margarita Do Campo** es Doctora en Ciencias Geológicas, docente en el Departamento de Geología de la Facultad de Ciencias Exactas de la UBA, e Investigador Adjunto del CONICET, siendo su lugar de trabajo el Instituto de Geocronología y Geología Isotópica (INGEIS, UBA-CONICET). Es especialista en minerales del grupo de las arcillas, sus trabajos de investigación enfocan tanto aspectos básicos como aplicados.