

EFFECTOS DE LOS ADITIVOS NATURALES EN REVESTIMIENTOS DE TIERRA: CASO DE ESTUDIO GEL DE PLÁTANO

Cecilia López Pérez

Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá, Colombia, lopez.c@javeriana.edu.co

Palabras clave: tierra estabilizada, gel de plátano, comportamiento

Resumen

La Universidad Católica del Perú y CRAterre han documentado el uso de jugos vegetales para estabilizar la tierra. Uno de ellos es el gel que se obtiene de la planta de plátano al exprimir o sumergir los tallos, hojas y cortezas en agua. Al contacto con el agua, se obtiene polisacáridos formando una solución viscosa que se usa para mejorar la resistencia al agua y evitar la aparición de grietas durante el secado. El presente estudio experimental evalúa el uso de este jugo o gel de plátano con mezclas de tierra para revestimientos probadas en tres porcentajes: 3%, 15% y 25%. Los resultados evidencian que se tiene una mejora en la resistencia a la flexión, compresión y retracción, pero se recomienda que el porcentaje no supere 3%. Igualmente, con este porcentaje de aditivo se duplica el tiempo que tarda en saturar una superficie y se reduce el nivel de absorción por capilaridad.

1 INTRODUCCIÓN

La tierra es un material empleado ampliamente a nivel mundial, considerándose que un tercio de la población vive en construcciones realizadas con tierra. El secado del material se hace de forma natural a través del sol y el aire, identificándose tres técnicas tradicionales de construcción: adobe, tapia y el bahareque (CRAterre-ENSAG, 2012). El inventario realizado por Unesco y otras instituciones para edificaciones patrimoniales en 2012, establece que África y los Estados Unidos poseen entre el 35% y 40% de las edificaciones construidas con el material; mientras, América Latina, Asia Pacífico, Europa y América del Norte registran entre 15% y 25% (CRAterre-ENSAG, 2012).

En Colombia, hasta finales del siglo XIX, las construcciones se realizaban en tierra. Durante el periodo prehispánico se utilizó la técnica del bahareque y luego con la colonización española se incorporaron las técnicas del adobe y tapia. Por ello, de acuerdo con los datos del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2005), actualmente, el 15% de las cabeceras municipales y el 30% de las construcciones rurales están construidas en tierra. A nivel de patrimonio se encuentran 34 centros históricos, un tercio de las construcciones del ferrocarril, 50% de la arquitectura religiosa, y un 60% de viviendas edificadas con el material. Todas ellas teniendo como acabado final morteros hechos con barro.

Sobre estos, desde tiempos ancestrales se conoce su uso como revestimiento; por ello, se dice que son “la piel” de la arquitectura. Las construcciones en tierra, se hacían con el mismo barro empleado para los muros agregándoles otros elementos como cal, estabilizantes, aditivos, aglutinantes y agua, los cuales les ayudaban a cambiar algunas propiedades como la trabajabilidad, resistencia al impacto y a la humedad. Estos se cubrían luego con pintura de tierra o componentes de origen natural.

A partir del siglo XIX, en Colombia el desplazamiento que el cemento hizo de los morteros en tierra produjo como consecuencia la pérdida del conocimiento sobre sus componentes y proporciones, potencial y limitaciones. Solo en las áreas rurales o alejadas de los centros urbanos la población conservó estos saberes.

Es por ello, que estudios sobre el comportamiento de los morteros en tierra es limitado, más cuando se busca un conocimiento probado e integral que permita su aplicación de forma adecuada en intervenciones patrimoniales o en construcciones nuevas. La carencia del

conocimiento ha traído como resultado que se apliquen morteros de cemento sobre superficies de tierra, generando deterioros acelerados y pérdidas de superficies.

Por otra parte, relatos de cronistas y tratados de construcción determinan que los morteros estaban compuestos por tierra, cal y fibras; mientras que Minke (2008), Garate (1998), Useche (1993) y Vissac, Fontaine y Anger (2012) establecen el uso de aditivos clasificados en cuatro grandes grupos: polisacaridos, lípidos, proteínas y otras moléculas; sin embargo, no establecen las dosificaciones usadas para los aditivos y las características que estos les proporcionaban a los revestimientos. Algunos son jugos procedentes de plantas o de origen animal como mieles, derivados lácteos y jugos de cactus. Uno de los documentados, usado en climas templados, es el gel de plátano (Vissac; Fontaine; Anger, 2012; Vargas et al., 1986).

Colombia es un gran productor de plátano: solo en tres departamentos hay sembradas 48.000 hectáreas de la planta. El vástago o raquis posee varios usos en la industria textil, automotriz, como alimento para ganado y la producción de harina para consumo humano, por su alto contenido de almidón (Arias Jimenez, 2016). El vástago de plátano contiene celulosa por encima del 40%, la cual presenta valores de solubilidad por debajo del 15%, es decir que no se disuelve tan fácilmente, aunque haya sido cocida a una temperatura constante de 20°C en un baño termorregulador y filtrada en crisoles (Mazzeo et al., 2010)

En cuanto al extracto o gel de plátano, son pocos los estudios que lo relacionan para su uso en revestimientos (Vissac; Fontaine; Anger, 2012; Minke, 2008; Vargas et al., 1986); no obstante, su uso es frecuente y difundido en zonas tropicales, especialmente dentro de las comunidades rurales colombianas. Este se obtiene a partir del bagazo o vástago de la planta de plátano que es un residuo de la producción del banano. El bagazo se cocina junto con las hojas para obtener un jugo natural que se adiciona a la mezcla mejorando sus propiedades hidrófugas.

El contenido de celulosa, lignina y almidones presentes en el gel de plátano y reportado por los estudios, constituyen un líquido viscoso que llena los espacios interlaminares generando una mayor cohesión, formando una película hidrófuga que evita la evaporación del líquido propiciando adicionalmente que la fuerza de atracción eléctrica de las láminas reduzca los espacios entre ellas y puede ser la razón para que haya sido referenciada por los estudios mencionados.

El presente trabajo tiene como objetivo evaluar el comportamiento de los revestimientos a los cuales se les añade el gel de plátano en diferentes dosis, mediante ensayos físico-mecánicos con el fin de verificar si mejora su uso como revestimiento frente a la humedad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En esta parte se describe las características de los materiales empleados, las actividades, normas empleadas y la evaluación del comportamiento físico-mecánico de la argamasa de tierra para revestimiento con aditivo de gel de plátano.

2.1 La argamasa

Como se mencionó la mezcla base se preparó con una dosificación específica de los componentes de manera que se pudiera controlar el comportamiento del aditivo añadido en proporciones de 3%, 15% y 25% del peso seco total. La mezcla estaba compuesta por tierra arcillosa y arena provenientes de Tausa, Cundinamarca, municipio cercano a Bogotá; a la cual se añadió la cal y la cascarilla de arroz que se compraron en tiendas especializadas de productos para la construcción. Como trabajo previo a la ejecución de las muestras la tierra arcillosa se tamizó, se secó y dosificó como se describe a continuación. La tierra se pasó por el tamiz No. 10 (2,00 mm), hasta obtener un material homogéneo. Cuando el material estaba compacto se remojó previamente, se apisonó para disolver los terrones, se dejó reposar y se pasó por el tamiz. Una vez tamizada se colocó en bandejas y se expuso a la

luz solar con el objeto de tener un primer secado y que el color del pigmento al realizar la mezcla tuviera una consistencia pareja.

La cal empleada para las pruebas corresponde a cal hidratada o apagada, tipo "N" de acuerdo con la ASTM C207 (2018). La cal se trabajó en la en proporción 1 de cal por 1 de agua, a la que se llamó cal total. La cascarilla presentaba unas características homogéneas, por lo que no se le realizaron pruebas biológicas. El agua empleada era proveniente del acueducto municipal apta para el consumo humano.

Para la obtención del gel de plátano se tomó lo documentado por Vissac; Fontaine; Anger, (2012). Se tomó un recipiente de 180 L, el cual se llenó hasta un nivel de 2/3 con tallos y hojas cortadas y 1/3 de agua. La mezcla se dejó hervir por dos horas, se trituró y se filtró. El extracto se dejó enfriar y se guardó en un recipiente plástico hermético a una temperatura ambiente de 14°C a 18°C.

Para establecer el porcentaje de gel de plátano se tomó como referencia PROTERRA (2003), el cual establece que los aditivos se pueden añadir con un mínimo de 3% y un máximo de 25% del volumen seco. Para el tercer porcentaje se tomó un valor promedio entre los dos porcentajes.

Una vez mezclados los componentes de la mezcla base se le realizaron pruebas de campo como olor, bola, rollito, frotado y lavado de acuerdo con lo descrito en Neves et al. (2009). La mezcla se dejó en reposo por una noche (12 horas) cubierta con plástico, para que no perdiera humedad. Una vez construidas las probetas se llevaron a la cámara de curado.

2.2 Dosificaciones

Vissac; Fontaine; Anger (2012), Becerra (2017) y López Pérez (2018) recomiendan realizar una mezcla base formada por tierra arcillosa, arena y fibra a la cual se le agrega *cal total* hasta obtener la densidad que permita ser trabajada. Los autores recomiendan que la mezcla este formada por 1 parte de tierra arcillosa, 3 partes de arena, y 1,5 partes de fibra a la cual se le agrega *cal total* hasta obtener la densidad deseada. En las mezclas con el gel se sustituyó el porcentaje de 3%, 15% y 25 % de la cal total establecida para la mezcla base.

2.3 Programa experimental

a) Condiciones de laboratorio

Las condiciones del laboratorio en el momento de elaboración de las probetas eran de 18-21°C y una humedad promedio de 64%. El proceso seguido en la ejecución y secado fue el de plasticidad normalizada y curadas en la cámara de secado a 26°C y 57% de humedad.

Para realizar la mezcla de argamasas se usó la mezcladora fija marca Hobart N50, con motor de 1/6 HP de tres velocidades. Para la construcción de las probetas se utilizaron moldes metálicos normalizados desmontables en los que se prepararon tres probetas de forma simultánea como lo solicitan las normas.

b) Normas

Para las pruebas en laboratorio se adaptaron normas establecidas para suelos o de estudios previos internacionales, ya que en Colombia no hay normas específicas para el estudio de revestimientos con tierra. A la arena se le realizó el ensayo de granulometría según la INV E- 213-13 (2013); el peso unitario de acuerdo con la norma INV E- 217-07(2007); la densidad y absorción con la norma INV E- 222-13 (2013) y la gravedad específica se trabajó bajo la norma INV E- 128-13 (2013).

A la tierra arcillosa se le realizó los límites de Atterberg de acuerdo con la norma INV E- 125-13 (2013) e INV E- 126-13 (2013). Para el ensayo de flexión se trabajó con los parámetros de la norma INV E 324- 07 (2007); para la prueba de compresión con la norma INV E 323-07 (2007). Las probetas fueron ensayadas a los 7,14 y 28 días.

El ensayo de goteo se realizó a los 28 días, tomando como referencia los trabajos de Minke (2008) y Romeral, Guinea y Salas (1986). Esta edad representa la resistencia que va a tener el material a largo plazo. Para las pruebas de intemperismo se construyeron dos grupos de muestras, para ser colocados en dos climas distintos. El primer grupo, se colocó en Bogotá con una temperatura promedio de 13,5°C y humedad relativa entre 77% y 83% (IDEAM, 2018). El segundo grupo, se llevó a Anapoima municipio cercano a Bogotá, con una temperatura entre 22°C y 32°C y humedad entre 21% a 74% (Spark, 2018). Las probetas se dejaron expuestas al ambiente durante 30 días colocadas a 45° con respecto a la horizontal. Para los dos municipios las horas de radiación considerada es de 12 horas en promedio por día.

A la arena, para descartar la presencia de carbonatos, sulfatos y cloruros se le realizaron pruebas químicas con ácido clorhídrico (HCl) y una con una mezcla de ácido nítrico (HNO₃) y nitrato de plata (AgNO₃). Las pruebas buscaban determinar que no contuvieran estos componentes porque pueden producir reacciones expansivas generando la aparición de fisuras, desprendimientos y pérdida de resistencia. (López y Celis 2010)

c) Pruebas de campo

De acuerdo con lo definido Neves et al. (2009) se realizaron pruebas a las diferentes mezclas. Para la prueba de olor, se tomaron muestras de las mezclas y se humedecieron hasta formar una pasta, luego se procedió a oler cada una. Minke (2008) menciona que la tierra es inodora, pero presenta olor a moho si contiene humus o materia orgánica en descomposición.

Para las pruebas de bola se prepararon tres bolas de 4 a 5 cm de diámetro y se dejaron caer desde una altura de 1,00 m, Si se desmoronaba en el piso, se trataba de una tierra arenosa que no se debe utilizar en el revestimiento. Si la bola se deformaba mostrando pocas o ninguna fisura la tierra tenía alto contenido de arcilla y debía ser mezclada con arena o partículas gruesas.

Para la prueba de frotado y lavado, con la tierra húmeda se pasó por la superficie de la mano hasta formar un guante y luego se procedió a lavarlo con agua. Para el test del rollito, con la tierra se formó un rollito de 15 mm de largo y 2 mm de grueso con él se formó un círculo. Con esta prueba se buscó identificar fisuras o agrietamientos que indican carencia o exceso de arcilla en la mezcla.

d) Ensayos en laboratorio

A la arena y la tierra se le hicieron ensayos de acuerdo con las normas descritas en 2.3.b; a las mezclas se le realizaron en estado fresco y endurecido.

d1) Ensayos en estado fresco (húmedo)

A las mezclas en estado húmedo, para determinar el grado de consistencia de la masa, se le realizó el ensayo de contenido de humedad y fluidez de la argamasa en tres repeticiones.

- Contenido de humedad

Para determinar la humedad de trabajo de las argamasas, se determinó primero el contenido de humedad natural de la mezcla. Para ello, se tomó 1000 g de la mezcla base, que se pesó a temperatura ambiente y se introdujo en estufa a 110°C ± 5°C, hasta obtener una masa constante durante 24 horas. Luego se pesó en balanza con una precisión ± 1 g. El peso desecado fue de 934 g. La humedad resultante del suelo fue de 7%.

Luego se tomó 500 g del material y se fue añadiendo cal total hasta obtener una masa trabajable. La diferencia entre la *cal total* inicial depositada en una cubeta de precipitado y la cantidad de cal que quedó en el recipiente se tomó como la cantidad de cal requerida para la argamasa. La cantidad determinada de *cal total* para la mezcla se determinó en 25% del peso. Se realizó una verificación adicional revisando que el contenido de humedad se encontrara entre el límite líquido (LL) y límite plástico (LP) de la tierra.

- Fluidez de la argamasa

Con esta prueba se buscó evaluar si el contenido de humedad del mortero llegaba a un valor de escurrimiento óptimo para su uso como revestimiento. Se limpió y colocó la plataforma de la mesa de flujo y el molde en el centro. Se vertió en el molde la primera capa de argamasa de manera que no superara 25 mm de espesor y se apisonó con 20 golpes del compactador uniformemente distribuidos, luego se colocó una segunda capa y se siguió el procedimiento de apisonado igual que la primera. Se retiró el exceso de mortero de la capa superior y se aliso la superficie. Después de un minuto de terminar el llenado se retiró el molde, levantándolo y se dejó caer la mesa de flujo desde una altura de 12,7 mm 25 veces en 15 segundos. Luego se midió el diámetro base de la muestra en cuatro puntos equidistantes y se calculó el diámetro promedio. Para el cálculo se empleó la ecuación 1.

$$\% \text{ fluidez} = \frac{\text{diámetro promedio} - \text{diámetro base inferior de molde}}{\text{diámetro base inferior del molde}} \times 100 \quad (1)$$

d2) Ensayos en estado endurecido

Con estos ensayos se buscó determinar la capacidad que tienen las argamasas para soportar esfuerzos y deformaciones; así como, establecer cómo pueden influir las tensiones de carga mecánica en la durabilidad y adherencia a los soportes. A las probetas se les realizaron los siguientes ensayos: flexión, compresión, retracción, goteo, absorción por capilaridad e intemperismo de acuerdo con lo descrito en la tabla 1. Por cada ensayo se realizaron tres probetas.

Tabla 1 – Discriminación de los ensayos

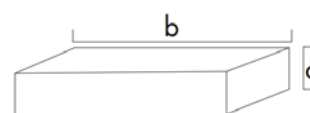
Ensayo	Número de probetas	dimensiones de probeta (mm)	Procedimiento adoptado
Flexión	3	40 x 40 x 160	INV E-324-07
Compresión	3	50 x 50x 50	INV E-323-13
Retracción	3	40 x 40 x160	Gonzalez, 2015
Goteo	3	150 x 150 x 20	Minke (2008); Romeral, Guinea y Salas (1986)
Absorción de agua	3	40 x 40 x 160	ASTM C 67 (2019)
Intemperismo	3	20 x 20 x 2	Romeral, Guinea y Salas (1986)

- Flexión

La carga se aplicó a una velocidad de 2640 ± 110 N/min (270 ± 10 kgf/min) con incrementos no mayores a 44 N. Para determinar la resistencia se emplearon las ecuaciones 2 y 3.

$$f_b = \frac{M}{S} \quad (2)$$

$$S = \frac{bd^2}{6} \quad (3)$$



Dónde:

f_b = esfuerzo de flexión

b = ancho de la sección transversal

M = momento flexionante

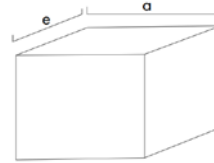
d = peralte de la sección transversal

S = módulo de sección

- Compresión

El procedimiento para realizar el ensayo se adoptó de lo determinado por la norma INV E-323-13, aplicando una carga al cubo de 900 N/segundo (la mínima). Para establecer la resistencia a compresión se usó la ecuación 4.

$$f_c = \frac{P}{A} \quad (4)$$



Donde:

f_c = esfuerzo resistente promedio a compresión

P = fuerza axial de compresión

A = área de la muestra a compresión= $a \cdot e$

- Retracción

Para este estudio se tomó como modelo el referenciado por (González, 2015). El método propone el uso de los moldes de 40mm x 40mm x160 mm que se mantienen en la cámara de curado. En el momento de retirar del molde se registró el peso inicial y se midió la longitud y ancho mediante el calibrador pata del rey. Luego se llevaron a la cámara de secado y nuevamente se volvieron a colocar en la balanza y se tomaron las diferentes longitudes de las probetas antes de cada una de las pruebas.

- Goteo

Para el ensayo de goteo se tomó como referencia lo reportado por Minke (2008) y Romeral, Guinea y Salas (1986). Para el ensayo se dejó caer desde una altura de dos metros, gotas a un ritmo de 50 a 60 por minuto (aproximadamente 0,40 L/h). A cada una de las probetas se le realizó una cuadrícula de 5 cm x 5 cm y se registró en fichas la forma de la huella, tiempo de aparición y tiempo final de saturación de la probeta.

Durante las primeras seis horas se llevó un registro de la huella, si luego de este tiempo no se producía perforación, se mantuvo el ensayo hasta obtener la saturación completa de la superficie. De acuerdo con lo determinado por Romeral, Guinea y Salas (1986) el comportamiento se clasifica en tres niveles: bajo, si se produce perforación total de la baldosa antes de 4 horas; medio, si la perforación total se produce entre 4 y 24 horas y alto si la perforación total no aparecía en el transcurso de 24 horas de ensayo.

- Absorción de agua por capilaridad

El ensayo buscaba determinar el nivel de absorción de las cuatro mezclas en el mismo periodo de tiempo. La mayor cantidad de agua absorbida se encuentra relacionada con una mayor porosidad, estableciendo cuál es la mezcla que puede llegar a perder más material en el mismo lapso de tiempo.

Para el ensayo se preparó una cubeta plástica con bandas de neopreno sobre las cuales se colocaron las probetas sumergidas en 5 mm de agua. El nivel de agua se mantuvo constante por 10 minutos. Se registro el peso inicial y el peso final; así mismo, se registró la altura mayor y menor con el apoyo de un acetato que tenía marcada una cuadrícula de 10 mm x 10 mm

- Intemperismo

Con este ensayo se buscaba identificar el impacto del medioambiente sobre las mezclas de revestimiento. Durante 30 días se observaron los cambios como cambio de color, aparición de microfisuras, fisuras, grietas, perforaciones y manchas en las probetas. Los resultados obtenidos se compararon con los encontrados en laboratorio permitiendo obtener un estado global de comportamiento.

3. RESULTADOS

3.1 Pruebas de campo

En las pruebas de olor, ninguna de las muestras evidenció olor de materia orgánica o moho. A la prueba de bola, presentaron pocas o ninguna fisura, lo cual indicaba que tenían suficiente cantidad de arcilla activa para ser empleada en los morteros. La retracción lineal de las muestras se encontró dentro del coeficiente de trabajo recomendado para las mezclas de mortero de 20 mm (CEPED, 1984). Para la prueba de rollito, se formó un rollito de 15 mm de largo y 2 mm de grueso con él se formó un círculo. Ninguna de las muestras se rompió o evidenció fisuras o agrietamientos mostrando que contenían una adecuada cantidad de arcilla en su composición.

3.2 Ensayos de laboratorio

La distribución granulométrica de la arena mostró que correspondía a un 7% de gravas, un 79% de arena y un 14% de limo y arcilla (Neves et al., 2009). El límite líquido (LL) arrojó un 34%; el mismo texto recomienda debe estar entre 30 a 35%. Con respecto al límite plástico (LP) el análisis determinó que se encontraba en 19%; el límite recomendado por Sanchez y Angel (1990) es de 12% a 22 %, por lo que se asume como aceptable. En cuanto al índice de plasticidad el resultado fue de 15% correspondiendo a una plasticidad media, que Sanchez y Angel (1990) mencionan que debe estar entre 7% a 18%, por lo que se considera aceptable. La densidad aparente de la arena húmeda, o masa unitaria fue de 2630 kg/m³. A los reactivos químicos la arena no mostró presencia de carbonatos, sulfatos y cloruros, por lo que se consideró adecuada para su uso en la mezcla.

a) Influencia del aditivo en flexión

Usualmente la resistencia a la flexión no se tiene en cuenta en estado seco para edificaciones en tierra; sin embargo, para establecer la calidad del mortero ante deformaciones que pueda sufrir el muro de soporte y la rigidez de los bordes es importante este factor. Los resultados de las probetas sometidas a flexión se muestran en la tabla 2. Se considera que los resultados de flexión se encuentran dentro de lo admisible para este tipo de acabados.

Tabla 2. Resultados de las probetas a flexión

Adición de gel de plátano (%)	Resistencia a la flexión (N/mm ²)	Recomendaciones	
		Minke (2008)	González (2015)
0	0,18	0,16 N/mm ² – arcilla con caolinita; 21,86 N/mm ² - arcillas con montmorilonita 0,17-9,18 N/mm ² - otras arcillas	0,38-1,36 N/mm ² – morteros mejorados con aditivos químicos
3	0,45-0,60		
15	0,42-0,53		
15	0,30-0,54		

b) Influencia del aditivo a la compresión

Los resultados de compresión se presentan por edad y porcentaje de aditivo en la figura 1 y, en la tabla 3, los resultados promedio. Se observa que he obteniendo las mejores resistencias a los 7 días con un 3 % de aditivo, luego de los cuales pierde resistencia siendo comparable a la resistencia del mortero sin aditivos. La resistencia promedio para las tres edades de revestimiento con gel a los 28 días mejoró en un 16 % respecto a los morteros sin aditivos.

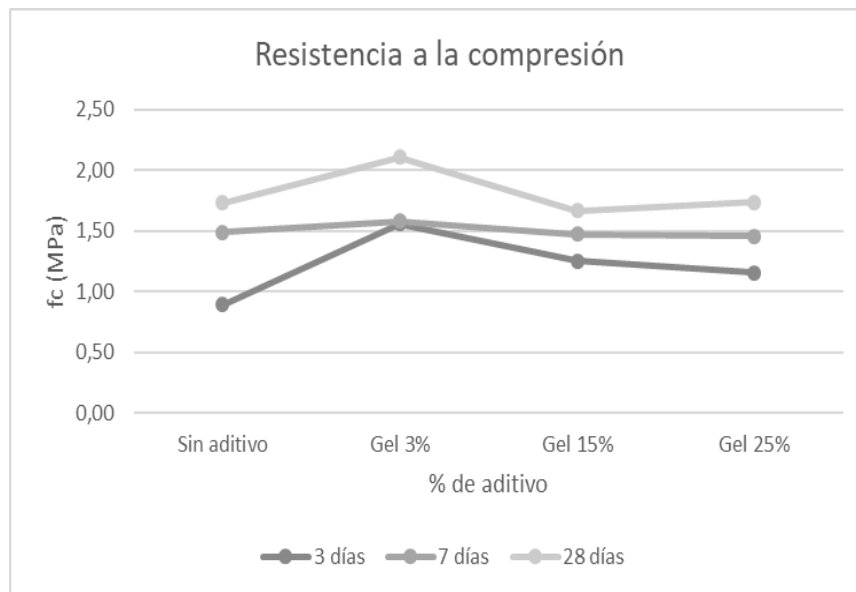
Figura 1. Resultados de resistencia a compresión por edad (1 MPa = 1 N/mm²)

Tabla 3. Resultados promedio de resistencia a compresión

Adición de gel de plátano (%)	Resistencia a la compresión (N/mm ²)	Recomendaciones		
		Minke (2008)	Sanchez y Angel (1990)	González (2015)
0	1,29	0,19-0,49 N/mm ²	0,20 N/mm ² - tierra con ca;	1,29-1,82 N/mm ² - mortero con cal en pasta, cal aérea o cemento
3	1,52-1,94		2,94 N/mm ² a 7,84 N/mm ² (con productos químicos entre 1,96 N/mm ² a 3,92 N/mm ²)	
15	1,36-1,52			
15	1,22-1,69			

De acuerdo con esto, la mejor resistencia de la mezcla a compresión se acerca a la resistencia obtenida con aditivos químicos y llega a superar la resistencia de mezclas realizadas con cales o cemento.

c) Influencia del aditivo en retracción

Por otra parte, los revestimientos que tienen como aditivo el gel de plátano tiene una retracción que llega a 0,007 mm en porcentajes del 3% y 25 %, pero se reduce a 0,003 mm con el 15 % de aditivo. Estas retracciones son más bajas que la de los revestimientos sin aditivo; por lo que se deduce que al agregar un porcentaje de 15% de aditivo se obtiene una mejora en el comportamiento de retracción.

d) Influencia en la absorción

En todas las muestras se presentó absorción de agua, indicando que la mezcla continuaba siendo porosa, con vacíos y el agua ascendía por capilaridad en el material (figura 2). Para argamasas sin aditivo el porcentaje de absorción fue de 1,68; con gel de plátano los porcentajes de absorción de agua varían entre 0,57% y 3,06 %. En revestimientos con 3% de gel supera el nivel de absorción de morteros sin aditivo, los que contienen 15% se acercan al valor de los morteros sin aditivo y con los de 25 % se mejora el nivel de absorción de la argamasa.

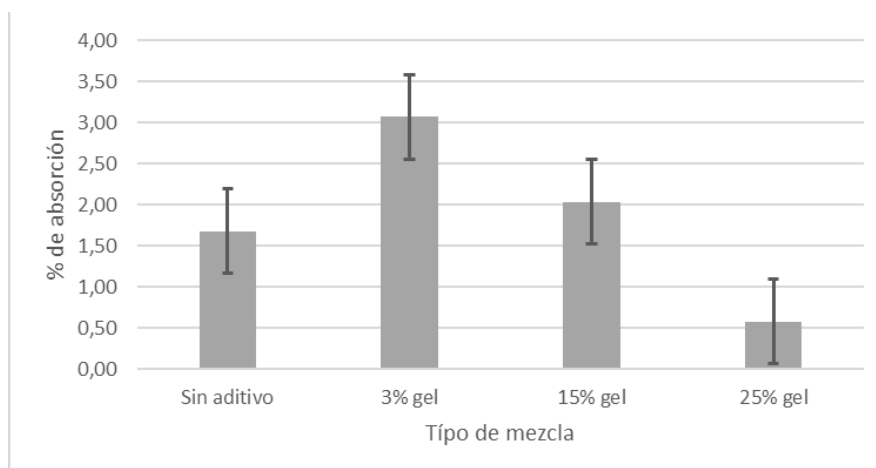


Figura 2. Resultados absorción de agua

e) Influencia en el goteo

En la figura 3 se presentan los resultados de este ensayo. De acuerdo con la clasificación propuesta las probetas presentaron un comportamiento “alto”, ya que ninguna presentó perforación, ni fisuras, ni agrietamientos durante las primeras horas, ni después de 24 horas de ensayo de goteo. Las muestras con gel, en porcentajes de 3% y 15% presentaron el mayor tiempo que las demás para llegar a la misma condición de saturación por goteo.

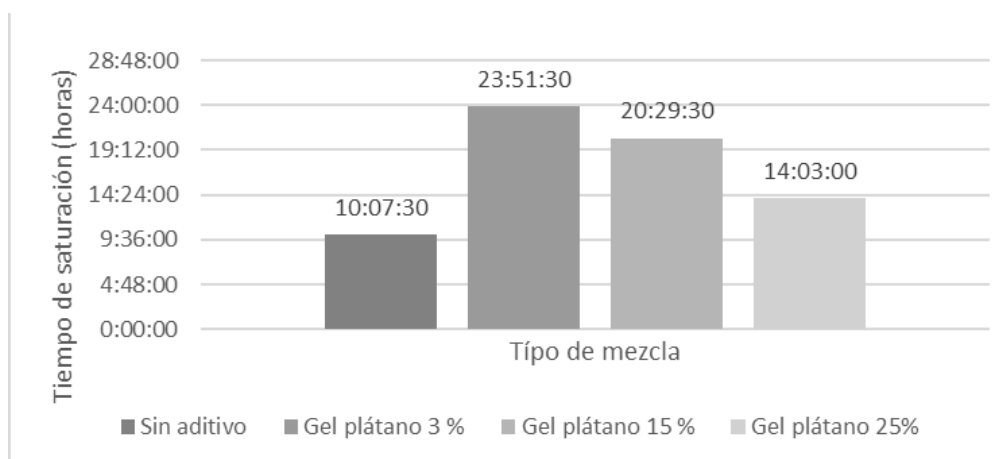


Figura 3. Tempo promedio de saturación sin aditivo y con gel

La mejora en los resultados con el aditivo, tanto en el tiempo de absorción de agua por goteo o por capilaridad, probablemente tiene que ver con las interacciones que se dan entre los aditivos y la arcilla. No se encontraron referentes de este tipo de pruebas con el aditivo, por lo que se carece de referentes con los cuales validar los resultados obtenidos.

f) Influencia del intemperismo

Las probetas expuestas a la intemperie no evidenciaron microfisuras, fisuras o grietas en superficie, por lo que durante el tiempo de prueba se mantuvieron en buen estado. La superficie se presentaba lisa, opaca y homogénea sin cambio de color aparente. La densidad de la mezcla permitió facilidad de trabajo en la construcción de las probetas.

4. CONCLUSIONES

Las pruebas realizadas a mezclas de tierra con adición de gel de plátano evidencian que se obtiene una mejora de la resistencia a flexión, compresión y retracción, reduciendo el nivel de absorción de agua por capilaridad y requiriendo un mayor tiempo de saturación de la superficie para la prueba de goteo.

Las pruebas muestran que la resistencia a flexión aumento en un 30% y que el porcentaje ideal de adición de aditivo debe ser del 3%. Para el caso de la compresión se evidencia un comportamiento similar por lo que se recomienda que no supere este porcentaje de gel. Frente a las pruebas de goteo se pudo observar que en el caso de añadir un 3% de aditivo se duplica el tiempo que tarda para saturar la superficie y en un 15% aumentan la resistencia al goteo, llegando a mejorar su desempeño en un 25%.

Como trabajos futuros sobre estas argamasas se propone exponerlas a una cámara de rayos ultra violeta para simular el envejecimiento del mortero en el tiempo y el cambio de color. De esta manera se puede identificar con más precisión lo que le pasará al color y las propiedades de un mortero con este aditivo expuesto al sol directo y en especial a los rayos UV.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arias Jimenez, F. (2016). Plátanos, lo que más produce el campo colombiano. Disponible en: <https://www.elcolombiano.com/negocios/inventario-agropecuario-de-colombia-NN3384078>

ASTM C67 (2019). Standard test methods for sampling and testing brick and structural clay tile. USA: ASTM International

ASTM C207 (2018). Standard specification for hydrated lime for masonry purposes. USA: ASTM International

Becerra M., O. (2017). Taller de acabados arquitectónicos con arcillas andinas. Palmira, Colombia. <http://ecoacabados.blogspot.com/?m=0>

CEPED (1984). Manual de construcción con suelo cemento. Sao Paulo, Brasil: CEPED/BNH/URBIS/CONDER/PMC/OEA/CEBRACE/ABCP.

CRATERRE-ENSAG (2012). Inventario de arquitectura de la tierra. UNESCO; CRATERRE; ICOMOS/ISCEAH; EPA; CHDA; CERKAS

DANE (2005). Censo nacional de población. Colombia. Bogotá: Departamento Administrativo de Estadísticas Nacionales.

Garate Rojas, I. (1998). Artes de la cal. Madrid, España: Ed. Munilla-Lería.

González S., A. M. (2015). Revocos de tierra cruda. Especificaciones técnicas para el empleo de morteros preparados de arcillas en construcción. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.

IDEAM (2018). Características climatológicas de las ciudades principales y sitios turísticos. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Disponible en <http://www.ideam.gov.co/documents/21021/21789/1Sitios+turisticos2.pdf/cd4106e9-d608-4c29-91cc-16bee9151ddd>

INV E- 125-13 (2013). Determinación del límite líquido de los suelos. Colombia: Instituto Nacional de Vías

INV E- 126-13 (2013). Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos. Colombia: Instituto Nacional de Vías

INV E- 128-13 (2013). Determinación de la gravedad específica de las partículas sólidas de los suelos y del llenante mineral, empleando un picnómetro con agua. Colombia: Instituto Nacional de Vías

INV E- 213-13 (2013). Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos. Colombia: Instituto Nacional de Vías

INV E- 217-07(2007). Densidad bulk (peso unitario) y porcentaje de vacíos de los agregados en estado suelto y compacto. Colombia: Instituto Nacional de Vías

INV E- 222-13 (2013). Densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del agregado grueso. Colombia: Instituto Nacional de Vías

INV E 323-07 (2007). Resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico. Colombia: Instituto Nacional de Vías

INV E 324- 07 (2007). Resistencia a la flexión de morteros de cemento hidráulico. Colombia: Instituto Nacional de Vías

López Pérez, C. (2018). Estudio de revestimientos de tierra elaborados con caseína. 18° Seminario Iberoamericano de Arquitectura y Construcción con Tierra. La Antigua Guatemala, Guatemala: USAC-CII/PROTERRA, p. 127-137)

López Pérez C. Y Celis C. (2010). Determinación de fraguado de morteros de cal mediante fenolftaleína. Memorias III Congreso de arquitectura y construcción con tierra, 23-33.

Mazzeo Meneses, M.; León, L.; Mejía, L. F.; Guerrero, L. E.; Botero, J. D. (2010). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. Revista Educación en Ingeniería, v.5 (9), 128-139.

Minke, G. (2008). Manual de construcción en tierra. Uruguay: Editorial Fin de Siglo.

Neves, C., Faria, O.B., Rotondaro, R., Cevallos, P.S., Hoffmann V., M. (2009). Selección de suelos y métodos de control en la construcción con tierra – prácticas de campo. Disponible en <http://www.redproterra.org>.

PROTERRA (2003). Técnicas mixtas de construcción con tierra. Editado por Célia Neves, coordinadora del Proyecto XIV.6 PROTERRA del CYTED

Romeral, J. D.; Guinea, M. D; Salas, J. (1986). Primeros resultados del trabajo de investigación sobre la tierra como material de construcción en el IETcc. Informes de la construcción Vol. 37, No. 377, 5-22.

Sanchez, C. E.; Angel Ospina, C. (1990). Construir con tierra. Bogotá: Fondo Rotatorio Editorial.

Spark, W. (2018). El clima promedio en Anapoima. Recuperado el 19 de Mayo de 2018, de <https://es.weatherspark.com/y/23327/Clima-promedio-en-Anapoima-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Useche, L. (1993). Estudio de morteros y pañetes antiguos para la conservación de monumentos históricos. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Vargas, J.; Heredia, E.; Bariola, J.; Mehta, P. (1986). Preservación de las construcciones de adobe en áreas lluviosas. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.

Vissac, A.; Fontaine, F.; Anger, R. (2012). Recettes traditionnelles & classification des stabilisants d'origine animale ou végétale. Grenoble, Francia: CRAterre- ENSAG.

AGRADECIMIENTOS

La autora agradece al Departamento de Arquitectura y la Vicerrectoría de Investigación de la Pontificia Universidad Javeriana-Bogotá por el apoyo para el desarrollo del estudio presentado.

AUTORA

Cecilia López Pérez, doctoranda de la UTP, con magister en Restauración de monumentos, profesora investigadora de la Pontificia Universidad Javeriana- Bogotá y Coordinadora del grupo de investigación GRIME (Grupo de investigación en materiales y estructuras). Miembro de la Red Iberoamericana PROTERRA.