



UTILIZACIÓN DE LA FIBRA DEL IXTLE PARA RECUBRIMIENTOS SUSTENTABLES

Yolanda Aranda-Jiménez¹, Edgardo Suarez-Dominguez¹, Monserrat Ortega-Plaza³

Facultad de Arquitectura, Diseño y Urbanismo, Universidad Autónoma de Tamaulipas, Circuito Interior Universitario S/N. CUS.
Tampico, Tamaulipas. México

¹yaranda@uat.edu.mx; ²mmortega@uat.edu.mx, ³edgardo.suarez@docentes.uat.edu.mx

Palabras clave: suelo arcilloso, fibras naturales, ixtle

Resumen

El *Agave lechuguilla Torrey* es una planta se puede localizar en diversas zonas de México, pertenece a la familia de las *Agavaceae* y de ella se obtiene la fibra conocida como ixtle generalmente utilizado para la elaboración de elementos artesanales. El objetivo de este trabajo es desarrollar un recubrimiento a base de suelo arcilloso estabilizado, utilizando diferentes proporciones y tamaños de fibra de ixtle. Para el caso del mortero se tomaron mezclas de suelos arcillosos estabilizados y dosificados con y sin la fibra observando el efecto al utilizarse para recubrir una superficie de block y determinando la resistencia a la compresión del material. Se encontró que es posible añadir fibras de hasta 3 cm en mezclas y obtener una mayor adherencia en la superficie del muro.

1 INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una de las más contaminantes. Los materiales que emplea requieren gran consumo de energía para su fabricación y algunos de ellos emiten grandes cantidades de CO₂ al medio ambiente. El acero y el cemento son dos de los más empleados, por lo que la tendencia a emplear materiales sustentables y de bajo impacto ambiental es cada vez mayor. El año 2009 fue declarado año internacional de las fibras naturales. Las fibras se pueden clasificar según su función: proteger, aislar, filtrar, reforzar, para muros portantes (Vissac, 2014). La arquitectura de tierra incorpora en ocasiones fibras para incrementar la resistencia a la flexión (Aymerich et al., 2016).

El género *Agave* tiene alrededor de 275 especies, de donde se extraen diferentes productos, tales como fibras, tequila, etc. Las fibras se pueden clasificar en naturales y hechas por el hombre, dentro de las cuales están las sintéticas y recicladas; dentro de las fibras naturales están las que se extraen de plantas, animales y minerales (Kadole; Hulle, 2014).

Para su aplicación en arquitectura o diseño de interiores hay que comprender la materia, sus propiedades, caracterizarla y de ahí la propuesta de materiales para el recubrimiento (Gesimondo; Postel, 2011). Muchas de estos agaves son utilizados básicamente como decoración de jardines y al interior (Starr, 2012).

Por los años 90s más de 10.000 toneladas de fibra eran producidas por año, y esto daba empleo en la cosecha a más de 200.000 personas. Los cogollos se cosechaban y a mano se obtenía la fibra tallándola. Se limpia y se pone a secar al sol y se blanquea. La fibra es llamada ixtle pero para exportación también se conoce como fibra de tula o fibra tampico, esto por la cercanía que hay de tula tamaulipas y el puerto (Warnoc, 2013).

Para determinar la cantidad óptima de fibra que debe ser añadida es necesario realizar un conjunto de experimentos que dependen del tipo de elemento construido, por ejemplo, en el caso de los adobes se deben dosificar en cantidades menores del 40% (Calatan et al., 2016). La ventaja de añadir fibras es que se vuelve ecoeficiente (Lima; Faria, 2016). La dosificación de fibras no solo ha funcionado para la arquitectura de tierra sino que además puede utilizarse para producir estructuras con materiales tradicionales como el concreto (Afroughsabeti; Biolzi; Ozbakkaloglu, 2016).

2 OBJETIVO

Desarrollar un recubrimiento a base de suelo arcilloso estabilizado, utilizando diferentes proporciones y tamaños de fibra de ixtle

3. DESARROLLO

Se utilizó la fibra de ixtle con las siguientes características evaluados mediante ensayos:

Biodegradabilidad – se evaluó mediante el ensayo de resistencia a la tensión (NMX-C-407-ONNCCE-2001 modificada) antes y después de la exposición de fibras en un ambiente con 90% de humedad en aire durante al mes. Los resultados que se obtuvieron mostraron que no existió modificación superficial de la fibra y no presento modificación significativa en la resistencia a la tensión aplicada.

Microbiológico – se realizaron la tinción de las fibras para el análisis microscópico en el ambiente de humedad con 90% de humedad en aire; esta determinación se llevó a cabo antes y después de ser expuesta a la humedad mencionada. Los resultados posteriores a la exposición no mostraron un desarrollo micológico en el triplicado de las muestras.

pH – determinado mediante el método potenciométrico; la muestra recibió un tratamiento para la extracción de agua mediante un proceso de compresión. Los resultados señalan que en promedio el pH es del 7,8%.

Porosidad – mediante absorción directa, se determinó que el porcentaje de porosidad de la fibra es del 3,6%.

Densidad – se evaluó mediante densidad lineal (densitex), mostrando un resultado promedio de 1258 kg/m³.



Figura 1. Pruebas microbiológicas, pH y biodegradabilidad (Crédito: Yolanda Aranda)

Para los experimentos se utilizó un suelo cuyas características son:

Granulométrica – el suelo empleado contiene de 7% de agregado grueso (grava), 62% de arena y limo y 31% de arcilla. La figura 2 presenta el gráfico de la composición granulométrica del suelo con las referencias de las tamizes 4, 40 y 200 (4,76 mm; 0,42 mm y 0,075 mm respectivamente).

Límites de Atterberg y contracción – el limite liquido es del 34% y el límite plástico de 27%, así que el índice plástico es del 14%; la contracción lineal es de 5,8%.

Peso volumétrico: el peso volumétrico seco y suelto es 1195 kg/m³ y el seco máximo es 1744 kg/m³.

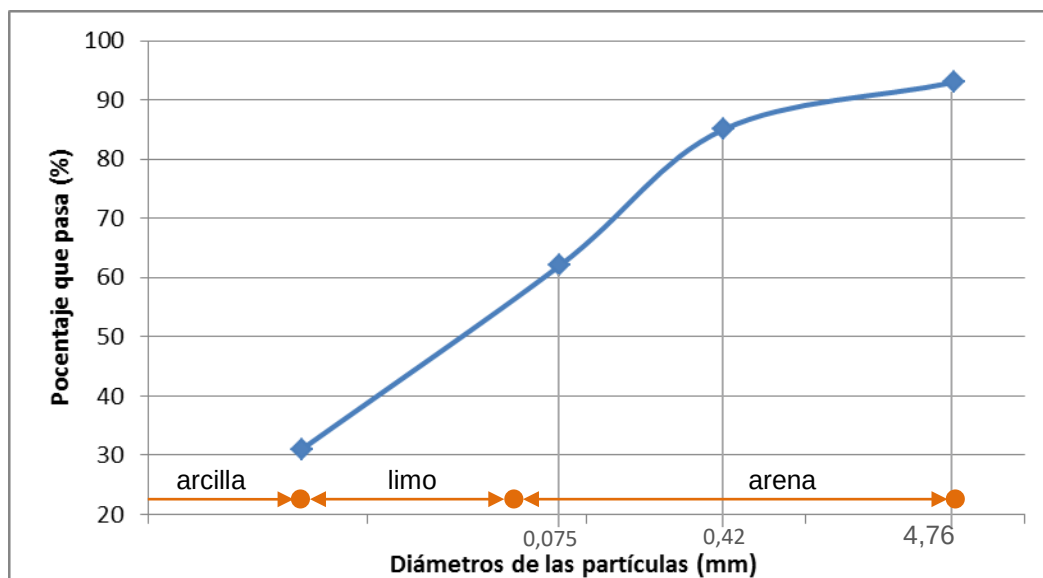


Figura 2. Composición granulométrica del suelo empleado

Se hicieron mezclas del suelo con 40% más 60% de arena de río, a la que se añade del 13% al 25% de agua y 1,2% de fibra, colocándose posteriormente en un molde de dimensiones de 0,15 m de ancho, 0,40 m largo y 0,02 m de espesor.

Todas las muestras se hicieron por triplicado. Se hicieron 3 grupos de muestras: grupo de cal, grupo de mucilago de nopal y grupo de acíbar de sábila.

Tabla 1. Grupo de la cal (6% de cal)

Mezcla	Fibra (g)	longitud de la fibra (cm)
1,4 kg de suelo, 2,1 kg de arena de río, 0,21 kg de cal y 700 ml de agua	50	7
		3
		1

Tabla 2. Grupo de acíbar de sábila (de acuerdo con Aranda-Jiménez, 2010)

Mezcla	Fibra (g)	Acíbar de sábila (ml)
1,4 kg de suelo, 2,1 kg de arena de río y 0,21 kg de cal	30	850
	80	700

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en las primeras mezclas realizadas se presentan visualmente en la figuras 3 e 4 donde se aprecian las morfologías utilizadas como parte del diseño superficial.

En la figura 3a, cuyo recubrimiento corresponde a una mezcla de suelo, área y cal, se visualizan detalles de curvas de 6 cm de diámetro aproximadamente; en la figura 3b, se adiciona fibra a la mezcla, y se hace diseño de rombos con ángulo de 90° con texturas a base de líneas diagonales al centro.

En la figura 4, se visualiza misma amuestras 24 horas después del recubrimiento, donde se observa la aparición de fisuras de $\pm$ de espesor entre como 0,1 mm y 0,4 mm.

En la figura 5 se muestra los diseños sobre superficie de las muestras a base de líneas orgánicas visualizando un acabado estético. La figura 5a muestra además el uso de rocas plasticas de color verde que formó la estructura de una flor, cuyo tallo se produjo con ixtle entrelazado a partir de un conjunto de 45 fibras de lado, una altura de 7 cm a 20 cm aproximadamente.



Figura 3. a) Muestra realizada a base de suelo, arena, cal y agua. b) Muestra con adición de fibra (Crédito: Monserrat Plaza)



Figura 4. Comportamiento de las pruebas 24 después de aplicado el recubrimiento (Crédito: Monserrat Plaza)

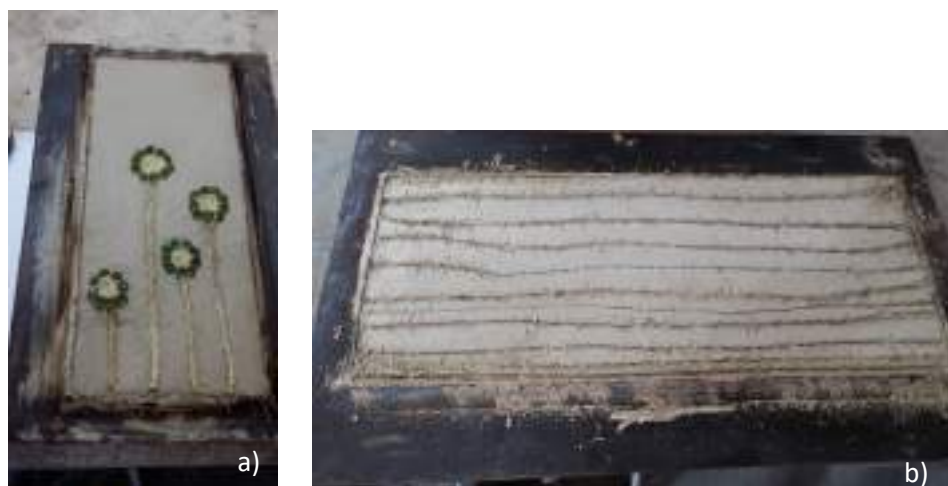


Figura 5. a) Diseño a base de fibra tensada y piedras b) Resultados a base de líneas orgánicas (Crédito: Monserrat Plaza)

En este experimento se notó además que la adherencia del entrelazado del ixtle fue baja debido a que posterior a 8 días se comenzó a distinguir una separación de la misma con la superficie.

Después de procedió a realizar muestras a base de arena y cal y se agregó mucilago de nopal, al 25%, el cual fue facilitado por el laboratorio de materiales de la FADU.



Figura 6. Mezcla y prueba con mucilago de nopal (Crédito: Monserrat Plaza)

A su vez se elaboraron muestras con arena, cal y se agregó aloe vera, extraída de las pencas de plantas de sábila.

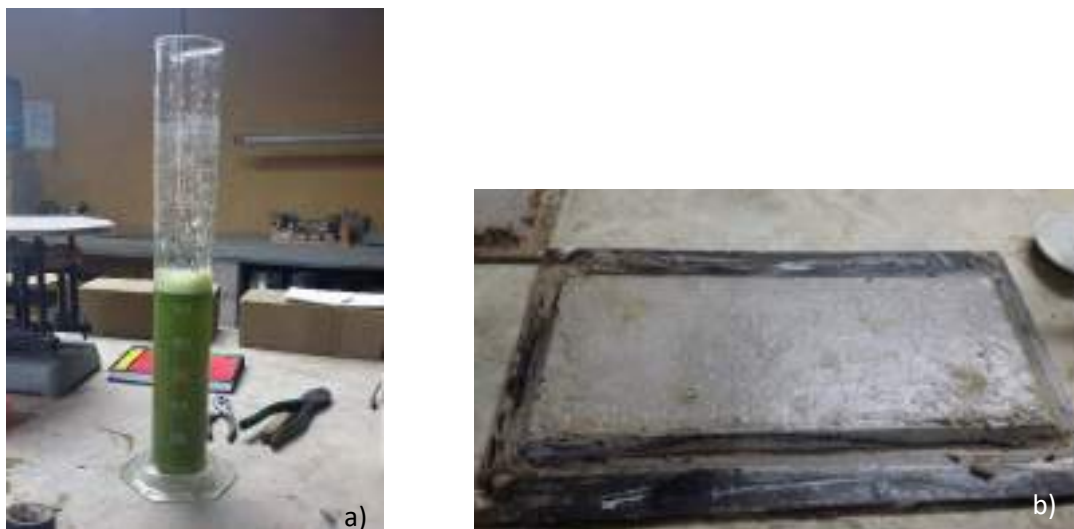


Figura 7. a) Extracción del aloe vera b) Muestra de recubrimiento con aloe vera
(Crédito: Monserrat Plaza)

Cuando se realizaron pruebas de preparación de mezclas de suelo con fibras de ixtle a diversas longitudes, se visualizó los efectos de añadir fibras a los 14 días de haberse preparado y secado a temperatura ambiente. Se observó que, cuando se cortan fibras de más de 7 cm de largo, no se logran adherir, mostrándose resquebrajamientos; pero si se cortan en una longitud de 3 cm o menor a este, se logra una mejor adherencia de la fibra además de que se presentan menos agrietamientos.

En la tabla 3 se visualizan los resultados de la resistencia a la compresión de las mezclas para acíbar de sábila. Se encontró en promedio una resistencia de 0,59 MPa con una desviación estándar de 0,23 MPa. En la tabla 4 se muestran los resultados para la mezcla mucilago con un promedio de 0,64 MPa con una desviación de 0,07 MPa. Aunque los resultados no muestran una diferencia significativa entre ellos se encuentra una desviación estándar mayor en la muestra de acíbar.

Tabla 3: Resistencia a la compresión de las muestras de acíbar

Nº de Muestra	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Masa (g)	Carga (kgf)	Área (cm ²)	E- Max (MPa)
1	15	8,0	1039,2	330	50,3	0,65
3	15	7,6	1072,6	290	45,4	0,63
5	15	7,5	1043,4	240	44,2	0,53

Tabla 4: Resistencia a la compresión de las muestras mucilago

Nº de Muestra	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Masa (g)	Carga (kgf)	Área (cm ²)	E- Max, (MPa)
1	15	7,7	1070,4	330	46,6	0,70
2	14	7,8	1062,3	320	47,8	0,66
3	15	7,8	1082,9	290	47,8	0,60

Es importante señalar que los grupos blanco sin dosificación de ningún aditivo bajo las mismas condiciones presentaron una resistencia de 0,32 MPa con una desviación de

0,07 MPa por lo que se encuentra una diferencia significativamente menor con respecto a las que se dosificó acíbar y mucílago de nopal por separado.

De los resultados de densidad se encuentra un valor en promedio de $1,6 \pm 0,2 \text{ g/cm}^3$.

5. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS FINALES

A partir de los resultados obtenidos se observa que el uso de savias vegetales coadyuva a la mejor integración de los componentes del suelo arcilloso trabajado. El mucílago se utilizó en una proporción en masa de 25% y el acíbar de sábila en 20%. No se observa diferencia significativa, pudiendo ser utilizado cualquiera de los dos; esta decisión dependería más de la existencia de estas plantas en el medio circundante al que se realizará la construcción y al costo del mismo.

Además se observó que el comportamiento de la mezcla mejora considerablemente en cuanto a grietas si el tamaño de la fibra menor o igual a 3 cm.

En cuanto a la resistencia a la compresión se reportan valores hasta 0,74 MPa.

A partir de estos resultados se continuarán las pruebas para abrasión y resistencia al agua, tomando en cuenta que el recubrimiento será para muros interiores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afroughsabet, V.; Biolzi, L.; Ozbakkaloglu, T. (2016). High-performance fiber-reinforced concrete: a review. *Journal of Materials Science*, 51(14), 6517-6551.

Aranda-Jiménez, Y. (2010). Características del BTC ante diferentes concentraciones de mucilage de nopal y sábila agregados al agua de mezclado. Tesis doctoral.

Aymerich, F.; Fenu, L.; Francesconi, L.; Meloni, P. (2016). Fracture behaviour of a fibre reinforced earthen material under static and impact flexural loading. *Construction and Building Materials*, 109, 109-119.

Calatan, G.; Hegyi, A.; Dico, C.; Mircea, C. (2016). Determining the optimum addition of vegetable materials in adobe bricks. *Procedia Technology*, 22, 259-265.

Gesimondo N.; Postell J. (2011). Materiality and interior construction. Hoboken, New Jersey: John Wiley and Sons.

Kadole P.; Hulle A. (2014). Agave americana fibres, extraction, characterization and applications. Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing

Lima, J.; Faria, P. (2016). Eco-efficient earthen plasters: the influence of the addition of natural fibers. In *Natural Fibres: Advances in Science and Technology Towards Industrial Applications* p. 315-327. Springer Netherlands.

NMX-C-407-ONNCCE-2001. Industria de la Construcción. Varilla corrugada de acero proveniente de lingote y palanquilla para refuerzo de concreto – Especificaciones y métodos de prueba.

Starr, G. (2012). Agaves living sculptures for landscapes and containers. London: Timber press

Vissac, A. (2014). Matière en fibres. Francia: Amaco.

Warnoc, T. M. (2013). Remarkable plants of Texas, uncommon accounts of our common natives. U.S.A.: University of Texas press

AUTORES

Yolanda Gpe. Aranda- Jiménez, doctorado en Arquitectura con énfasis en vivienda (UAT 2010), línea de investigación en construcción con tierra. Miembro del SNI I. Miembro de Proterra desde 2005. Representante de la Catedra UNESCO para tierra en la FADU/UAT. Cuenta con varios artículos indexados y participación en congresos internacionales.

Edgardo J. Suarez-Dominguez. Doctor en Procesos. Responsable Laboratorio FADU UAT. Cuenta con diversos artículos indexados y participación en congresos nacionales e internacionales.

Montserrat Ortega Plaza, estudiante de la Maestría de Arquitectura en FADU/UAT.