



MORTERO DE TIERRA MODIFICADO CON EXTRACTOS VEGETALES ORGÁNICOS APLICADO EN ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Mildred Navarro¹; S. Beatriz Sibaja²; Josué F. Pérez³

Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tecnológico Nacional de México,

¹G15071550@cdmadero.tecnm.mx; ²Silvia.bs@cdmadero.tecnm.mx

³ Universidad Autónoma de Tamaulipas, josue.perez@uat.edu.mx

Palabras clave: antocianinas, mucílago de nopal, extracto de rábano rojo, inhibición microbiana, protección contra iones

Resumen

La tierra es un material de construcción fundamental debido a su disponibilidad y propiedades. Al ser muy común, se buscan métodos que incrementen su uso para mejorar el bienestar económico y social, además de reducir el impacto ambiental. Con este objetivo se han aplicado técnicas modernas a fin de mejorar los sistemas constructivos y optimizar los elementos construcción a base de tierra, en términos de resistencia mecánica y durabilidad, mediante la adición de componentes orgánicos. El presente artículo propone un mortero de tierra como una alternativa para mejorar la calidad de los materiales de construcción de la vivienda rural, en cuanto a las propiedades mecánicas de los elementos constructivos y la mejora de la calidad del ambiente interior. Produciendo una mezcla con suelo arcilloso y un suelo limoso, así mismo, estabilizado con hidróxido de calcio, además de la incorporación de los extractos orgánicos en diferentes dosificaciones: mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) con el cual se refuerza la aglomeración de los agregados y obtiene una mayor resistencia mecánica y el extracto de rábano rojo (*Raphanus Sativus*) que aportara la interacción con iones en un medio acuoso salino.

1 INTRODUCCIÓN

La construcción con tierra es una alternativa a la insuficiencia de viviendas adecuadas y la vulnerabilidad del hábitat, los cuales son reflejos de la difícil situación económica y social que se vive en zonas rurales, donde las posibilidades de tener una vivienda de calidad, desde su construcción hasta su mantenimiento, representan una limitante para el desarrollo pleno de una población. Por lo anterior, es necesario buscar alternativas que se adapten a las condiciones físicas, económicas y sociales de los usuarios. La mayoría de las viviendas presentan problemas debido a materiales impropios, a la alta humedad del ambiente y la ventilación inapropiada que provoca enmohecimientos, los cuales llegan a afectar a la salud (Ramírez Rodríguez et al., 2013). El presente trabajo propone elaborar un mortero a base de tierra, modificado con mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*), estabilizado con cal, adicionando extracto de rábano (*Raphanus Sativus*), para usarlos como una alternativa para potenciar un efecto antimicrobiano y favorecer la interacción de iones en medio acuoso salino para emular las condiciones de salinidad presente en el ambiente en el que se encuentran las edificaciones. Para lograrlos se estableció obtener los extractos de mucílago y rábano, así mismo, caracterizar por espectroscopia ultravioleta-visible (UV-vis) para determinar el contenido total de fenoles y antocianinas, resonancia magnética nuclear (RMN), así como espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), para estudiar la estructura química y determinar las características de los fenoles y antocianinas extraídas, realizando probetas con mortero de tierra, agregando extractos orgánicos, en diferente dosificaciones de 5, 10 y 15% v/v de los extractos y determinar resistencia a la compresión, así como las pruebas de interacción en medio acuoso salino.

2 DESARROLLO

Para la obtención de extracto de mucílago se utilizó 1 kg de cladodios y se colocaron en un recipiente, añadiendo agua destilada para obtener una mezcla con una relación agua-material crudo en peso de 2:1. El cual se extrajo a una temperatura de $60 \pm 5^\circ\text{C}$ durante un periodo de 3 h en agitación manual cada 10 min; posteriormente, se filtró la mezcla para eliminar las partículas gruesas usando un tamiz No.100 ($150 \mu\text{m}$) y se mantuvo en refrigeración hasta su uso (León-Martínez et al., 2014).

En la obtención del extracto de rábano se mezclaron 421 g de piel de rábano con 1648 mL de una mezcla acidificada (HCl al 1% v/v) de agua-etanol (50/50% v/v) como medio de extracción; posteriormente se filtró para eliminar partículas fibrosas. En relación sólido-líquido de 1:4 con un tiempo de molienda mecánica de 2 min a temperatura ambiente. El producto de la extracción se sometió a un proceso de centrifugación a 6,000 rpm durante 20 minutos para eliminar las partículas suspendidas en la mezcla y un segundo ciclo de 10 minutos para asegurar la eliminación de otras partículas suspendidas y se dejó reposar por 24 h en refrigeración para preservar sus propiedades (Chayavanich et al., 2020).

2.1 Caracterización de los extractos obtenidos

En la caracterización de los extractos de mucílago de nopal y rábano se realizó por espectroscopia ultravioleta visible (UV-vis) para determinar el contenido total de fenoles en el mucílago y antocianinas en el rábano, así mismo, resonancia magnética nuclear (RMN) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR), para estudiar su estructura química y determinar las características de los fenoles y antocianinas extraídas. Por lo tanto, para la cuantificación por medio de UV-vis se obtuvo una mezcla, la cual se ajustó a un pH ácido (pH 1) con la finalidad de llevar las antocianinas a la forma de ion flavilio, realizando una solución con 250 mg de muestra, adicionando etanol acidificado (etanol/HCl 1N en proporción 85:15 v/v) y se sometió a 6,000 rpm durante 40 min; posteriormente se determinó el pH, el cual debe mantener un valor de 1 con HCl 4N. La mezcla se afora a 50 mL con etanol acidificado y finalmente se le da lectura. La concentración de antocianinas totales se calculó de acuerdo con la ecuación 1.

$$\text{concentraci3n de antocianinas totales} = \frac{A \times PM \times DF \times 10^3}{\epsilon \times L} \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) \quad (1)$$

D3nde:

A= absorbancia $A_{510}(\text{pH } 1.0) - A_{510}(\text{pH } 4.5)$

PM = es la masa molar de la antocianina (433.2 g/mol)

DF= es el de factor de diluci3n

ϵ = coeficiente de extinci3n ($31600 \text{ cm}^{-1}\text{M}^{-1}$)

L= longitud (1 cm)

Para la concentraci3n de fenoles se determin3 mediante la colorimetría por el m3todo de Folin Denis (Jurado et al., 2016), donde el m3todo consiste en tomar 0.5 mL de mucílago de nopal, a los cuales se aña 0.75 mL de reactivo Folin-Denis 1N y 0.75 mL de carbonato de sodio al 20%; se agita y se deja reposar en oscuridad por 90 min. Transcurrido el tiempo se analiza la muestra y los resultados se expresaron en mg de ácido gálico equivalente por mL (mg GAE/mL), a partir de una curva de calibraci3n construida con concentraciones conocidas del ácido gálico como referencia.

Así mismo, se tiene la caracterizaci3n por RMN de los extractos con un sistema Bruker Ascend 400, para confirmar la presencia de fenoles en el mucílago y antocianinas en el rábano, donde los extractos fueron mezclados en una soluci3n de 30 mg en 0.55 mL de solvente (D_2O) y las mezclas se analizaron con una frecuencia de 400 MHz y secuencia de 30 pulsos electromagn3ticos con registro de 48 escaneos a 25°C .

Finalmente, para determinar los grupos funcionales presentes en los extractos se utiliz3 el FTIR marca Perkin Elmer modelo Spectrum 100, donde se emple3 la t3cnica de reflectancia

total atenuada (ATR) con resolución de 4 cm^{-1} y 16 escaneos, en un intervalo de 4000 a 400 cm^{-1} (Tiernan et al., 2020).

2.2 Preparación y caracterización del mortero

La preparación de la mezcla es a base de suelo limoso y arcilloso, se trabajó las probetas con dos líneas de preparación, una estabilizada con cal y una sin estabilizar. Además, se añadió extractos de mucílago y de rábano en diferentes proporciones; para las muestras modificadas con extracto de mucílago se emplearon concentraciones de 5, 10 y 15% m/m y para las muestras modificadas con extracto de mucílago y extracto de rábano se utilizaron concentraciones de 2.5, 5 y 7.5 % m/m para cada una, como se muestra en la tabla 1. Las probetas cilíndricas se compactaron a 8000 psi por 15 min en una prensa hidráulica Marca Offite.

Tabla 1. Diseño de experimentos

ID Prueba	Mezcla de suelos [%m/m]		Estabilizante [%m/m]	Extractos orgánicos [%m/m]	
	Arcilla	Suelo limoso	Cal	Mucílago	Rábano
Blanco 1 (T)	70	30	0	0	0
TM5	67.5	27.5	0	5	0
TM10	65	25	0	10	0
TM15	62.5	22.5	0	15	0
TMR5	67.5	27.5	0	2.5	2.5
TMR10	65	25	0	5	5
TMR15	62.5	22.5	0	7.5	7.5
Blanco 2 (TC)	70	20	10	0	0
TCM5	67.5	17.5	10	5	0
TCM10	65	15	10	10	0
TCM15	60	15	10	15	0
TCMR5	67.5	17.5	10	2.5	2.5
TCMR10	65	15	10	5	5
TCMR15	62.5	12.5	10	7.5	7.5

T=mezcla de tierra, C=cal, M=extracto de mucílago, R=extracto de rábano.

2.3 Pruebas de resistencia mecánica

Esta prueba se empleó para determinar las propiedades mecánicas de las probetas fabricadas y se empleó una maquina universal computarizada. Así mismo se obtendrá la resistencia a la compresión del material y este se hizo por triplicado para obtener un valor promedio.

La resistencia a la compresión se calculó con base en el concepto de esfuerzo normal en mecánica de materiales, con la ecuación 2

$$R = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Donde

R, F y A representan la resistencia a la compresión (N/m^2), carga aplicada (N) y área de la sección transversal (m^2).

2.4 Prueba de interacción en medio acuoso salino

La interacción se realizó por el método de Mohr, aplicando las indicaciones de la norma mexicana NMX-AA-073-SCFI-2001. Así mismo, las pruebas se realizaron con una disolución 0.0014 N de NaCl, de la cual se tomaron alícuotas para la prueba de cloruros; en dicha prueba se sometieron todas las muestras que se mencionaron en la tabla 1, con el objetivo de observar el efecto de cada una de las concentraciones. Las probetas se colocaron alícuotas de 100 mL de las muestras acuosas bajo análisis, en agitación constante a aproximadamente 30 rpm. Dicha prueba consistió en tomar una alícuota cada 20 minutos. La alícuota se aforo y se le adiciono 1 mL de solución indicadora de cromato de potasio (K_2CrO_4 0.014 N), seguido de una titulación con nitrato de plata ($AgNO_3$ 0.014 N) hasta que se logró el vire de color amarillo a naranja ladrillo.

3 RESULTADOS

3.1 Determinación de contenido de fenoles totales

Se midió la absorbancia de las soluciones de ácido gálico patrón. Con dichos datos se elaboró la curva patrón respectiva (figura 1).

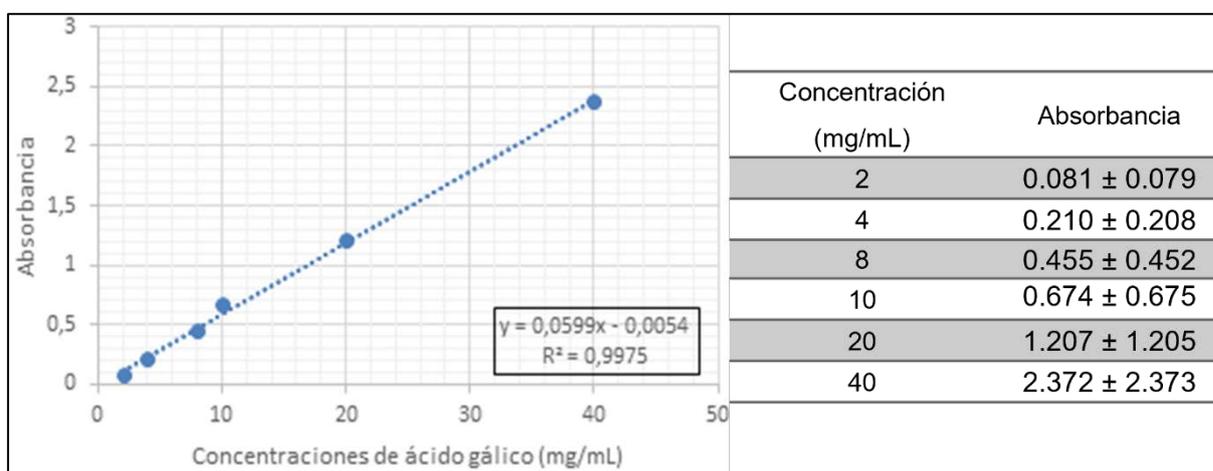


Figura 1. Curva de calibración del ácido gálico

Así mismo, mediante el análisis de UV-vis, del extracto de mucílago de nopal se obtuvo 3.8737 de absorbancia, empleando la siguiente fórmula se relacionó la concentración del ácido gálico con la absorbancia.

$$\text{Contenido de Fenoles totales} = \frac{3.8731 - 0.0054}{0.0559} = 69.2 \text{ mg/mL}$$

Se reportaron 69.18 mg GAE/mL de fenoles totales en el extracto de mucílago de nopal.

3.2 Determinación de antocianinas totales en el extracto de rábano

La figura 2 muestra los espectros de absorbancia en la región UV-vis de la solución de extracto de rábano a un pH1 dando absorbancias más altas y en un pH4.5 disminuye la extracción de las antocianinas, provocando un decremento en la absorción en la región visible. La finalidad de llevar las antocianinas a la forma de ion flavilio se realizó para generar un radical libre en el extracto que propicia la interacción de iones en medio acuoso en el mortero de tierra. Esto permite la retención de los iones cloruro y sulfatos en la matriz del mortero evitando su flujo hacia el ambiente interior y protegiendo otros elementos del sistema constructivo. La solución del mucílago de nopal muestra un pico ubicado a 510 nm en la región de luz visible, lo cual indica la presencia de antocianinas (Giusti; Wrolstad, 2003). A partir de la información obtenida en este análisis se calculó el contenido total de antocianinas, para la aplicación de la ecuación 1.

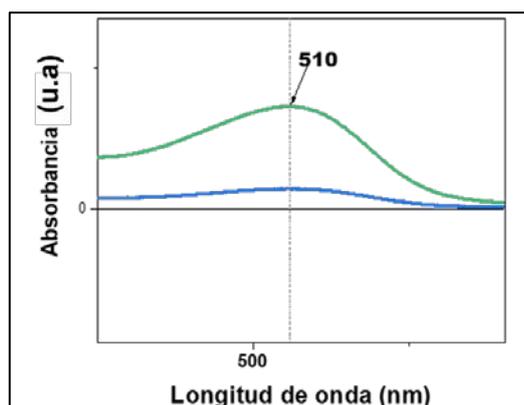


Figura 2. Espectros UV-Vis del extracto de rábano rojo

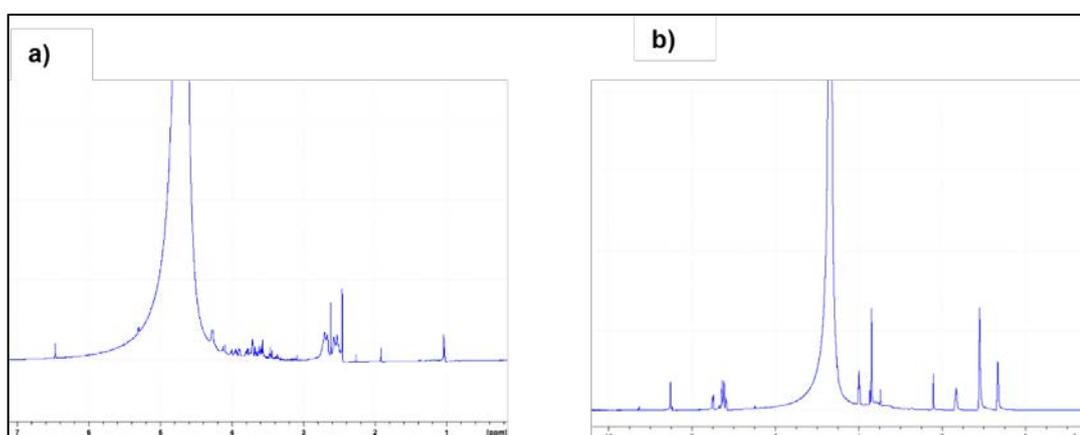
$$\begin{aligned} \text{contenido total de antocianinas } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}}\right) &= \frac{A \times 433.2 \frac{\text{g}}{\text{mol}} \times 1 \times 10^3}{31600 \frac{1}{\text{M} \cdot \text{cm}} \times 1 \text{ cm}} \\ &= 39,3 \times 10^3 \frac{\text{mg}}{\text{kg}} \end{aligned}$$

3.3 Análisis RMN de los extractos obtenidos

Se muestra la caracterización en la figura 3a el espectro del mucílago de nopal, donde se observa en 6.4 ppm la presencia de un grupo aromático, dando características a los fenoles, posteriormente en menor frecuencia se observa una señal en 4.8 ppm correspondiente al patrón residual del solvente deuterado. En los espectros 4.3, 4.2 – 3.4 ppm indican la presencia del ácido galacturónico, lo cual menciona (Matsuhira et al., 2006) quienes estudiaron este compuesto y asignan estas señales. Sin embargo, los espectros encontrados entre 4.3 – 3.4 son característicos de azúcares, además de la señal encontrada a 3.2 ppm que por su forma denota la presencia de alcoholes, así mismo en 2.5 y 1 ppm se le atribuye al grupo grupo metilo, en el cual está presente la ramnosa.

Así también, se muestra el espectro de resonancia del extracto de rábano, donde se les atribuye a compuestos aromáticos en 7-9 ppm, los cuales pueden ser dos anillos presentes en la estructura de las antocianinas. Se tiene a 6.2 ppm la presencia de CH₂=C, ArOH, HC=C-H-N-C=O, ArH y en 4.05 ppm se tiene OCH₃ una región de azúcares, así mismo para los desplazamientos en 3.9-3.53 ppm. Además de tener en 1.8-1.1 ppm grupos metilo.

La caracterización de estos compuestos es importante pues se debe confirmar que los métodos de extracción están siendo realizados de forma adecuada en comparación con la literatura. Además, la función de retención de iones en el mortero se debe a la presencia de estos compuestos, por lo que su identificación es relevante.

Figura 3. Espectros de ¹H de RMN del mucílago de nopal purificado (a) y del extracto purificado del rábano (b)

3.4 Determinación de grupos funcionales por FTIR

Este análisis permitió determinar los grupos funcionales de los compuestos en los extractos de rábano y nopal y así obtener señales que pueden relacionarse fácilmente con compuestos éter, aminas y amidas, mismos que se encuentran en las estructuras químicas de los extractos. En la figura 4a se muestran los espectros del mucílago de nopal, dichas bandas son identificadas de acuerdo con (Skoog et al., 2008) y (Contreras-Padilla et al., 2016) son bandas en 3300 cm^{-1} que corresponde a los grupos hidroxilo, asociados en una región donde se encuentran los fenoles ya que tienden a encontrarse en frecuencias de $3200\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$. En 2924 cm^{-1} se observó un estiramiento característico del alcano. En la banda a 2850 cm^{-1} se atribuye al grupo dando características de los polisacáridos pépticos, así también, se tiene una señal en 2120 cm^{-1} correspondiente al grupo alcano; se aprecia una banda a 1582 cm^{-1} correspondiente al grupo carboxilo. En la banda 1391 cm^{-1} se observan una flexión atribuyéndose al grupo alcano y las señales que se presentan en 1265 , 1230 y 1047 cm^{-1} son estiramientos que se le atribuye al anillo de la piranosa del término de los sacáridos y así mismo con una banda en 890 cm^{-1} la cual es característica de los azucares. Debido a esta caracterización se identificaron los grupos funcionales del mucílago de nopal, donde se encontró con grupos amina, los cuales son asociados a las moléculas de polisacáridos, mismo que es utilizado como aditivo en la mezcla del mortero, el cual ayuda en la retención de agua, favoreciendo al material.

En el extracto de rábano rojo, se muestran espectros en las figuras 3b y 4b bandas a 3394 cm^{-1} con estiramiento y esto se debe al grupo hidroxilo -OH y así también como la presencia de aminas -NH, así mismo, se apreció a 2927 y 2857 cm^{-1} un estiramiento correspondiente al grupo alcano, ligado a metilo. En la señal de 2062 cm^{-1} corresponde al grupo de los alquinos C=C; y el que aparece en 1654 cm^{-1} se debe al estiramiento del grupo carbonilo, las señales que vienen a continuación son derivados de compuestos orgánicos como los son los flavonoides también denominadas antocianinas que se encuentran presentes en el extracto y se observaron bandas a 1388 cm^{-1} dando un estiramiento que corresponde al grupo carboxílico.

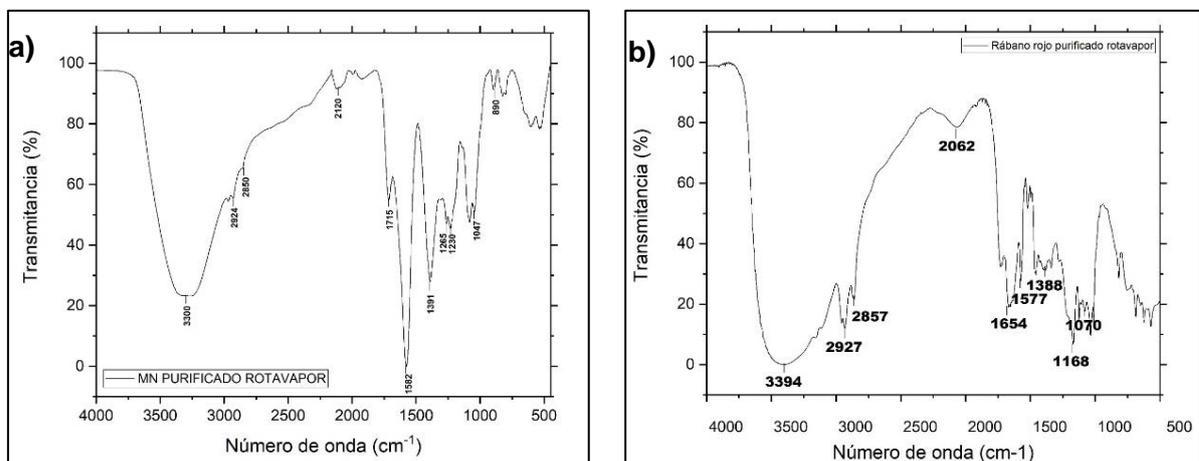


Figura 4. Espectros FTIR del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) y del rábano rojo (*Raphanus sativus*).

3.5 Pruebas de resistencia a la compresión

Los resultados de las pruebas mecánicas en el mortero de tierra con extracto de mucílago y rábano se desprenden del ensayo de compresión que se muestra en la tabla 2 y figura 5, donde se puede apreciar que no hay una diferencia significativa en la resistencia a la compresión entre los blancos y las muestras tratadas con los compuestos vegetales orgánicos o estabilizadas con cal. Sin embargo, en las muestras estabilizadas con cal y que además cuentan con los dos extractos se puede observar una desviación estándar mucho menor que aquellas muestras que no tienen estas características, por lo tanto esto es un indicativo de la estabilidad que confiere los materiales en los elementos constructivos.

Tabla 2. Resistencia a la compresión

ID	Resistencia a la compresión (MPa)
Blanco 1 (T)	0.7216 ± 0.0796
TM5	0.7007 ± 0.0878
TM10	0.6799 ± 0.0575
TM15	0.6080 ± 0.0628
TMR5	0.6000 ± 0.0320
TMR10	0.6208 ± 0.0451
TMR15	0.6187 ± 0.0288
Blanco 2 (TC)	0.6373 ± 0.0480
TCM5	0.4480 ± 0.0335
TCM10	0.4503 ± 0.0363
TCM15	0.5168 ± 0.0301
TCMR5	0.5548 ± 0.0378
TCMR10	0.5539 ± 0.0454
TCMR 15	0.5488 ± 0.0185

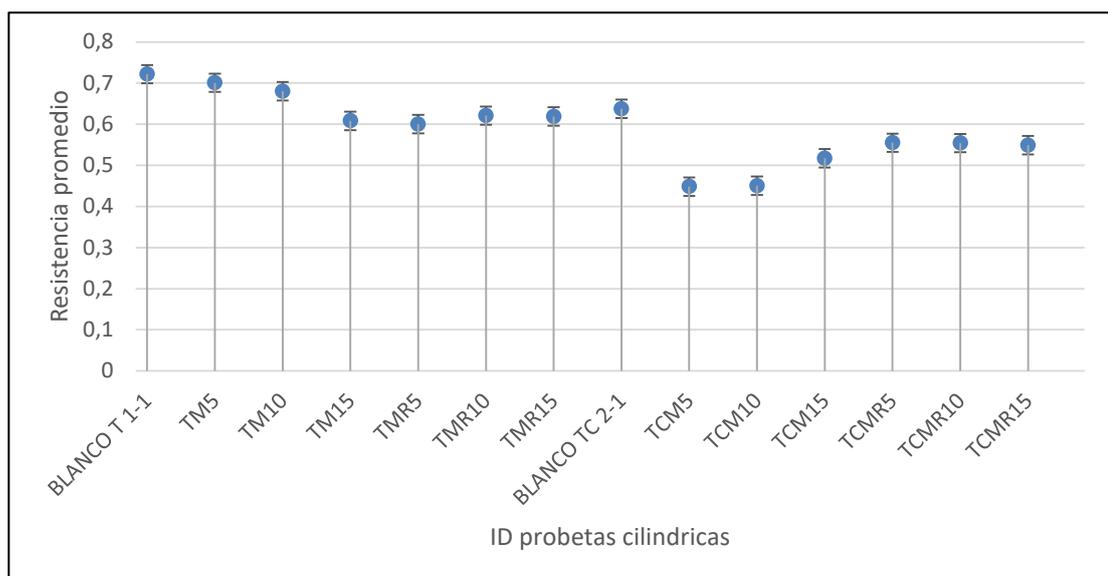


Figura 5. Resistencia a la compresión

3.6 Interacción en medio acuoso salino

Para la determinación de cloruros se aplicó el método de Mohr, cuyos resultados se observaron que las probetas que solamente contienen mucílago de nopal presentan cierta interacción positiva con los iones cloruros, sin embargo, esta interacción no es estable, pues como se puede observar las variaciones son mucho más marcadas que en el caso de las probetas que tienen el extracto de rábano como se puede mostrar en la figura 6, esto es un indicativo de que el extracto de rábano estabiliza esa interacción y permite entonces que el material retenga de manera adecuada estos iones y que estos no se filtren hacia el interior de la probeta, si no que se pueden mantener en la superficie o en el elemento de tierra y esto permitiría entonces combinar los materiales con otros como el acero, para brindar un método de prevención de la oxidación, es importante mencionar que esta prueba aunque solo se realizó con cloruros, la literatura reporta que el extracto de rábano y el mucílago de nopal también presentan interacción con metales pesados y otros entes iónicos, por lo tanto

como trabajo futuro se debe estudiar la interacción con otros iones o incluso con ese tipo de materiales o elementos inorgánicos.

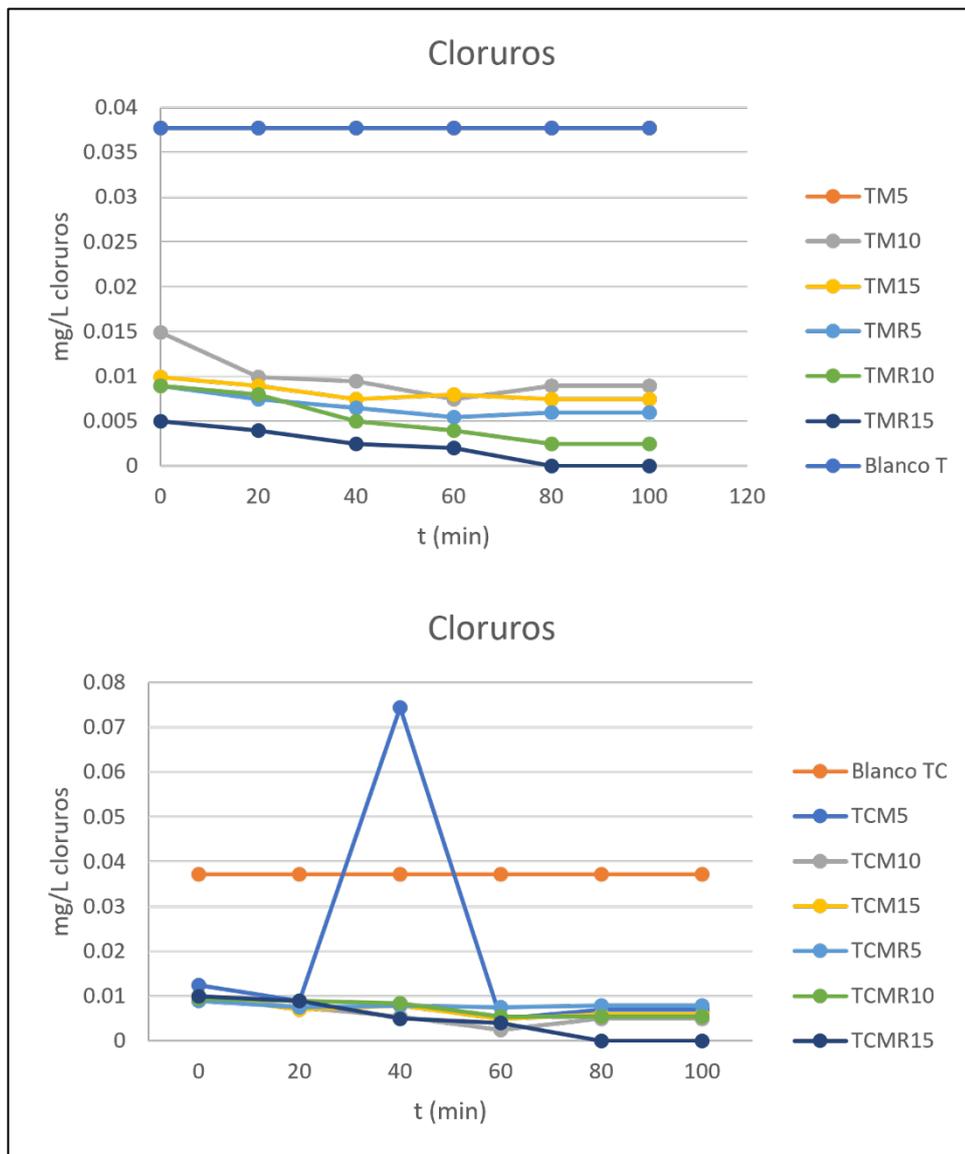


Figura 6. Determinación de cloruros por el método de Mohr

4 CONCLUSIONES

En este trabajo se estudió el efecto de la interacción de mucílago de nopal y extracto de rábano en morteros de tierra a base de arcilla y suelo limoso estabilizados con cal. El mucílago se obtuvo por el método de cocción y el extracto de rábano por trituración. En las antocianinas en el extracto de rábano, que son aquellas moléculas que presentarían la interacción con los iones en el medio acuoso, se encontró una concentración de $39,3 \times 10^3$ mg/kg de material extraído de la materia prima, mientras que, para el mucílago del nopal, cuyas moléculas principales son los fenoles, se obtuvo una concentración de 69.2 mg/mL.

En cuanto a la resistencia a la compresión de los materiales no se observaron variaciones significativas con respecto a los blanco o a las muestras que no contienen los extractos o que no están estabilizados con cal, sin embargo, se observa una menor desviación estándar durante las pruebas de compresión, lo cual es un indicativo de la mayor estabilidad que tienen estos elementos cuando se emplean como elementos constructivos o elementos estructurales por la repetibilidad que se confiere al emplear los materiales orgánicos.

En cuanto a la interacción con iones cloruro, se observa que el extracto de rábano produce una mayor estabilidad que la que solamente presenta el mucílago en las probetas, esto entonces se puede tomar como un trabajo futuro para estudiar o evaluar las características principales de estos materiales, como, prevención a la corrosión y que entonces los materiales con tierra se puedan combinar también con otros materiales para reforzar la estructuras como lo es el acero.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Chayavanich, K.; Thiraphibundet, P.; Imyim, A. (2020). Molecular and biomolecular spectroscopy biocompatible film sensors containing red radish extract for meat spoilage observation. *Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 226, 117601.

Contreras-Padilla, M.; Rodríguez-García, M. E.; Gutiérrez-Cortez, E.; Valderrama-Bravo, M. del C.; Rojas-Molina, J. I.; Rivera-Muñoz, E. M. (2016). Physicochemical and rheological characterization of *Opuntia ficus mucilage* at three different maturity stages of cladode. *European Polymer Journal*, 78, 226–234.

Jurado, B.; Aparcana, I. M.; Villarreal, L. S.; Ramos, Eva; Calixto, M. R.; Hurtado, P. E.; Acosta, K. M. del C. (2016). Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis Peruviana L.*) de diferentes lugares del Perú. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82(3): 272–79

Giusti, M. M.; Wrolstad, R. E. (2003). Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14, 217–225.

León-martínez, F. M.; Cano-barrita, P. F. D. J.; Lagunez-rivera, L.; Medina-torres, L. (2014). Study of nopal mucilage and marine brown algae extract as viscosity-enhancing admixtures for cement based materials. *Construction and Building Materials*, 53, 190–202.

Matsuhiro, B.; Lillo, L. E.; Sáenz, C.; Urzúa, C. C.; Zárate, O. (2006). Chemical characterization of the mucilage from fruits of *Opuntia ficus indica*. *Carbohydrate polymers*, 63(2), 263-267

NMX-AA-073-SCFI-2001. Análisis de agua – determinación de cloruros totales en agua naturales, residuales y residuales tratadas – Método de prueba.

Ramírez Rodríguez, M.; Aguiluz León, J.; Gutiérrez Martínez, R. (2013). Prototipo de vivienda de adobe con energías renovables: caso de estudio. *CIENCIA Ergo-Sum*, 20(3), 231–237.

Skoog, D.; Holler, F.; Crouch, S. (2008). Principios de análisis fundamental. In Cengage Learning.

Tiernan, H.; Byrne, B.; Kazarian, S. G. (2020). ATR-FTIR spectroscopy and spectroscopic imaging for the analysis of biopharmaceuticals. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 241, 118636.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por el apoyo otorgado a través del programa de becas nacionales (1086754)

Al centro de investigación en petroquímica del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tecnológico Nacional de México y al centro de investigación de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas por las facilidades prestadas para el desarrollo de la investigación

AUTORES

Mildred Navarro, Ingeniera ambiental, estudiante de la maestría en ciencias de la ingeniería del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tecnológico Nacional de México.

S. Beatriz Brachetti, jefa de laboratorio de síntesis del centro de investigación en petroquímica del Instituto Tecnológico de Ciudad Madero, Tecnológico Nacional de México, cuenta con experiencia en técnicas de análisis.

Josué F. Pérez, jefe de laboratorio de Materiales de la Facultad de Arquitectura de la Universidad Autónoma de Tamaulipas.