

USO DE ADITIVOS NATURALES EN MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN - UNA REVISIÓN

USE OF NATURAL ADDITIVES IN CONSTRUCTION MATERIALS – A REVIEW

**Hernández, Eddisson Francisco / eddisson.hernandez@uni.edu.ni
Universidad Nacional de Ingeniería (UNI)**

Resumen

Este trabajo describe brevemente el tema del uso de aditivos naturales en la búsqueda del mejoramiento de materiales de construcción, y de manera específica, en la elaboración de concreto hidráulico. El empleo de aditivos naturales en la fabricación de materiales de construcción no es nuevo. El conocimiento sobre sus propiedades y efectos se ha transferido de manera oral por muchos años. La cantidad de aditivos naturales utilizados en la construcción es variada, y su uso depende de la disponibilidad a nivel local en cantidades suficientes para su aprovechamiento. En materiales base cemento, mejoran la plasticidad, reducen la absorción de agua, incrementan la resistencia mecánica, reducen la velocidad de difusión de iones agresivos al interior de la matriz cementante y poseen propiedades inhibitorias contra la corrosión del acero de refuerzo. Con base en los beneficios que brindan estas adiciones, es necesario considerar su uso para construir obras arquitectónicas y civiles más durables y sustentables ambientalmente.

Palabras Claves

Aditivos naturales, construcción, concreto, cemento, proteína, polisacáridos.

Abstract:

This work briefly addresses the issue of the use of natural additives in the search for improvement of construction materials, and specifically, in the elaboration of hydraulic concrete. The use of natural additives in the production of construction materials is not new. The knowledge about its properties and effects has been transferred orally for many years. The amount of natural additives in the construction is varied, and its use depends on the availability locally in sufficient quantities for its employment. In cement-based materials, they improve the plasticity, reduce the water absorption, increase the mechanical resistance, reduce the diffusion rate of aggressive ions inside the cementing matrix and had inhibiting properties against corrosion of reinforcing steel. Based on the benefits provided by these additions, it is necessary consider its use to build architectural and civil constructions more durable and environmentally sustainable.

Keywords

Natural additives, construction, concrete, cement, protein, polysaccharides.

Introducción

Durante miles de años, los humanos han utilizado diversas técnicas de construcción que dependen de los conocimientos que tienen sobre los materiales locales (Fabbri y Morel, 2016). La variedad de materiales de construcción usados a lo largo de la historia, van desde tierra apisonada y ladrillos de adobe (en la antigüedad), hasta materiales como el acero y el concreto hidráulico (en la actualidad). Con el propósito de mejorar sus prestaciones en las construcciones, se han usado una gran variedad de aditivos químicos o naturales. Para el caso del concreto, las propiedades en estado fresco o endurecido pueden ser modificadas con la adición de ciertos materiales. El uso frecuente de adiciones en mezclas de concreto ha sido el responsable del surgimiento en los últimos 50 años de la industria de aditivos, encontrándose en la actualidad cientos de estos productos en el mercado. En países donde la variedad de aditivos es amplia, es común que entre el 70 y el 80 por ciento de los concretos elaborados contengan uno o más adiciones. Por lo tanto, es importante que los ingenieros constructores tengan conocimientos sobre las ventajas y limitaciones que estas adiciones pueden proporcionar al concreto (Mehta y Monteiro., 2006).

Los aditivos para concreto, por lo general, son productos agregados en pequeñas cantidades a la mezcla antes o durante el proceso de mezclado (Popovics, 1992). Las adiciones varían en su composición química, desde surfactantes y sales solubles hasta polímeros y minerales insolubles. Son usados generalmente para mejorar la trabajabilidad del concreto, acelerar o retardar los tiempos de fraguado, regular la resistencia a la compresión y mejorar la durabilidad de las estructuras ante condiciones climáticas de exposición severas. Con base en lo anterior, resulta importante conocer sus características químicas, mecanismos de acción, aplicaciones y efectos en el concreto en estado fresco o endurecido.

Desarrollo

En la antigüedad, el uso de la tierra como material de construcción se extendió en el mundo. Las evidencias de la producción temprana de adobe (arcilla sin cocer) en moldes, datan del siglo VI a.C. en Mesopotamia (Costi de Castrillo *et al.*, 2017). Su empleo resultó importante debido a que es un material compatible con el medio ambiente y por el confort que proporciona (Mattone, 2005). En la actualidad, encontramos una gran cantidad de monumentos construidos con adobe, muchos de los cuales se localizan en el Mediterráneo, Medio Oriente, Mar Egeo, Palestina, India y China (Costi de Castrillo *et al.*, 2017). Existen numerosos estudios donde intentan mejorar las propiedades de los ladrillos de adobe y construcciones de tierra usando aditivos naturales. Mattone (2005) en su trabajo agregó pulpa de nopal para estabilizar suelos con fibras de sisal con el propósito de mejorar la técnica bahareque. Los resultados indican que con la pulpa de nopal mejora la resistencia a la tensión y la absorción de agua. Con lo cual, también incrementa la durabilidad de las edificaciones construidas con estos materiales. Así mismo, Galán-Marín *et al.*, (2010) estabilizaron suelos empleando polímeros naturales y fibras para producir un compuesto sustentable, no tóxico, con materiales locales. En su estudio adicionaron alginato, un polímero natural obtenido de las paredes celulares de las algas caféas como aglutinante, y lana de ovejas como refuerzo. Observaron que con la adición de alginato se incrementa la resistencia a la compresión con respecto al control en un

69%, y con la adición de lana de oveja en un 37%. Cuando se emplearon ambas adiciones, el valor de la resistencia a la compresión se duplicó.

Con respecto al uso de morteros, su empleo en la construcción data desde la época de los romanos, casi paralela a la época prehispánica en América (400 d. C.) (Martínez *et al.*, 2008). El mortero es una mezcla de cementante, aglomerante, agregados pétreos y agua, la cual puede contener algún tipo de aditivo disuelto. En México, durante la época colonial se construyeron diversas ciudades con las técnicas indicadas en los tratados europeos usando material de la región. En las construcciones del nuevo mundo, la cal apagada representó el material que proporcionó las propiedades adherentes en la elaboración de morteros. Los morteros tienen una doble función en la construcción de edificios, de protección de fachadas expuestas y de adhesión de rocas para que las mamposterías funcionen de forma monolítica. Martínez *et al.*, (2008) en su estudio evaluaron el comportamiento de cuatro mezclas de morteros de cal apagada artesanalmente conteniendo arena, ceniza volcánica y mucílago de cactácea. Los resultados de las pruebas mecánicas indican que los morteros tanto con adiciones de mucílago de cactácea como con ceniza volcánica, incrementaron la resistencia mecánica con respecto a los morteros que no los contenían. Cárdenas *et al.*, (1998) usaron jugo de nopal en la elaboración de morteros de cal para conocer sus mecanismos de interacción durante el proceso de hidratación. Los resultados de las pruebas de rompimiento por penetración en pastas de cal comercial y con hidróxido de calcio, con diferentes concentraciones de jugo de nopal, indican que al incrementar la cantidad de jugo de nopal se reducen drásticamente los valores de resistencia y de deformación en comparación con el control. Ventolà *et al.*, (2011) propusieron el uso de diversos aditivos naturales para la elaboración de morteros de cal para la restauración de edificios históricos y arquitectura moderna rústica que emplea piedras naturales. Utilizaron polisacáridos (nopal en polvo y mucílago), proteínas (pegamento animal y caseína) y ácidos grasos (aceite de oliva). Los resultados muestran que con los aditivos incrementan las propiedades mecánicas y la resistencia al agua, se obtienen diferentes velocidades de carbonatación y texturas; siendo compatibles con los materiales de construcción tradicionales, y, por lo tanto, adecuados para ser aplicados en la restauración de edificios históricos. Chandra y Aavik (1987) estudiaron el efecto de algunas proteínas en mezclas de morteros de cemento como aditivos. Midió el contenido de aire atrapado, la adhesividad y propiedades hidrofóbicas generadas por las proteínas (gluten, caseína, proteína Purina 500E). Observaron que las proteínas trabajan como agentes inclusores de aire, mejoran la adherencia y las propiedades hidrofóbicas de los morteros. En otro estudio, Chandra *et al.*, (1998) utilizaron el extracto de nopal en la elaboración de morteros de cemento. Los resultados mostraron que con el extracto de nopal se incrementó la plasticidad de los morteros y mejoró la resistencia a la absorción de agua.

En la actualidad, el concreto hidráulico es el material de construcción más empleado en el mundo y su producción aumenta anualmente (Schneider *et al.*, 2011). El sector construcción consume el 40% de la energía mundial (Olukoya Obafemi y Kurt, 2016) y es el responsable del 23-40% de la emisión de gases invernaderos. En el caso del sub-sector cemento, el consumo de energía industrial es del 12-15% y contribuye con el 7% de las emisiones de CO₂, a nivel global (Ali *et al.*, 2011). Tomando en consideración estos escenarios de contaminación ambiental, es necesaria la búsqueda de soluciones que permitan reducirla. Una de ellas es a través del mejoramiento de las propiedades del concreto endurecido para obtener construcciones durables, reduciendo de esta manera el consumo

de materiales para realizar reparaciones o en caso extremo, para el reemplazo total de estructuras dañadas.

El uso de aditivos naturales en la elaboración de concreto de altas prestaciones representa una alternativa de sustitución de los aditivos comerciales tóxicos y materiales suplementarios, que son perjudiciales para el medio ambiente y costosos por su ausencia en el mercado local. En la elaboración de concreto se ha estudiado el efecto de diversos tipos de adiciones orgánicas, tales como azúcares, proteínas, mucílago de nopal, extractos de algas, entre otras (Bishop y Barron, 2006; Hernández *et al.*, 2016). Las propiedades comúnmente evaluadas son la fluidez, la resistencia a la compresión, difusión de iones cloruro, carbonatación, porosidad y sorptividad. También se han estudiado sus propiedades inhibitorias contra la corrosión del acero de refuerzo. León-Martínez *et al.*, (2014) en su investigación utilizaron mucílago de nopal y extracto de algas como agentes modificadores de viscosidad en la elaboración de concretos autoconsolidables. Los concretos autoconsolidables, son concretos estables y con una alta capacidad de fluidez, que pueden ser compactados sin ningún tipo de mecanismo externo de consolidación. Para elaborarlos requieren de aditivos químicos superplastificantes y modificadores de viscosidad, que les permiten alcanzar una mayor fluidez y alta resistencia a la segregación del concreto. Los resultados de su estudio muestran que con las adiciones orgánicas se incrementa la viscosidad de las pastas, morteros y concretos, y que su comportamiento dependerá de la concentración de los aditivos usada. Lograron elaborar mezclas de concretos homogéneas y estables en comparación con las que contenían el aditivo modificador de viscosidad comercial basado en goma Welan. El mucílago de nopal y el extracto de algas, también han sido empleados para mejorar las propiedades mecánicas de concretos ordinarios y de alta resistencia. Hernández *et al.*, (2016) en su estudio adicionaron mucílago de nopal y extracto de algas en concretos con altas y bajas relaciones agua/cemento (a/c). Con las adiciones orgánicas, la resistencia a la compresión de los concretos con alta relación a/c mejoró significativamente con respecto al control. También se redujo la velocidad de difusión de iones cloruro y la profundidad de carbonatación.

En la literatura también se encuentran trabajos sobre el desempeño del nopal y el extracto de algas contra la corrosión del acero de refuerzo. Torres-Acosta *et al.*, (2012) destacan los resultados del desempeño contra la corrosión del acero de refuerzo en un medio alcalino de dos diferentes tipos de cactus deshidratados (*Opuntia ficus-indica* y Aloe Vera) a diferentes concentraciones. Las adiciones mostraron un buen efecto inhibitor de corrosión, como resultado de la formación de una densa capa superficial óxido/hidróxido sobre el acero, que reduce la actividad corrosiva. Este mismo comportamiento también fue encontrado en otro estudio donde emplearon mucílago de nopal y extracto de algas (Hernández *et al.*, 2017). Es importante destacar que en México el nopal es una planta abundante, extendida en todo su territorio, y que el método tradicional para la extracción del mucílago es simple y de bajo costo. De igual manera, en los mares del mundo la existencia de algas cafés es abundante y pueden también ser utilizadas para la elaboración de aditivos naturales en la industria de la construcción (Qin, 2018). Por lo tanto, considerando los buenos resultados obtenidos de estos y otros aditivos naturales en mezclas de concreto, es necesario tomarlos en consideración para construir obras arquitectónicas y civiles con mejores propiedades físicas y con mayor durabilidad, pero, sobre todo, sustentables ambientalmente.

Fuentes Consultadas/Referencias

1. Ali, M. B., Saidur, R., & Hossain, M. S. (2011). A review on emission analysis in cement industries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(5), 2252–2261. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.02.014>
2. Bishop, M., & Barron, a R. (2006). Cement Hydration Inhibition with Sucrose, Tartaric Acid, and Ligninsulfonate: Analytical and Spectroscopic Study. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 45, 7042–7049.
3. Cardenas, A., Arguelles, W. M., & Goycoolea, F. M. (1998). On the possible role of Opuntia ficus-indica mucilage in lime mortar performance in the protection of historical buildings. *Journal of the Professional Association for Cactus Development*, 3, 64–71.
4. Chandra, S., & Aavik, J. (1987). Influence of proteins on some properties of portland cement mortar, 9(May), 91–94.
5. Chandra, S., Eklund, L., & Villarreal, R. R. (1998). Use of Cactus in Mortars and Concrete. *Cement and Concrete Research*. [https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846\(97\)00254-8](https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/S0008-8846(97)00254-8)
6. Costi de Castrillo, M., Philokyprou, M., & Ioannou, I. (2017). Comparison of adobes from pre-history to-date. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 12, 437–448. <https://doi.org/10.1016/j.jasrep.2017.02.009>
7. Fabbri, A., & Morel, J. C. (2016). *Earthen materials and constructions. Nonconventional and Vernacular Construction Materials*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100038-0.00010-X>
8. Galán-Marín, C., Rivera-Gómez, C., & Petric, J. (2010). Clay-based composite stabilized with natural polymer and fibre. *Construction and Building Materials*, 24(8), 1462–1468. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.01.008>
9. Hernández, E., Cano Barrita, P. F. de J., León-Martínez, F. M., & Torres-Acosta, A. (2017). Performance of cactus mucilage and brown seaweed extract as a steel corrosion inhibitor in chloride contaminated alkaline media. *Anti-Corrosion Methods and Materials*, 00–00. <https://doi.org/10.1108/ACMM-02-2016-1646>
10. Hernández, E. F., Cano-barrita, P. F. D. J., & Torres-acosta, A. A. (2016). Influence of cactus mucilage and marine brown algae extract on the compressive strength and durability of concrete. *Materiales de Construcción*, 66(321), 14.
11. 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, 109–202. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.068>
12. Martínez, W., Alonso, E. M., Rubio, J. C., Bedolla, J. A., Velasco, F. A., & Torres, A. A. (2008). Comportamiento mecánico de morteros de cal apagada artesanalmente, adicionados con mucílago de cactéa y ceniza volcánica, para su uso en restauración y conservación de monumentos coloniales. *Revista de La Construcción*, 7(2), 93–101.
13. Mattone, R. (2005). Sisal fibre reinforced soil with cement or cactus pulp in bahareque technique. *Cement and Concrete Composites*, 27(5), 611–616. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.09.016>
14. Olukoya Obafemi, A. P., & Kurt, S. (2016). Environmental impacts of adobe as a building material: The north cyprus traditional building case. *Case Studies in Construction*

- Materials*, 4, 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2015.12.001>
15. P. Kumar Mehta and Paulo J.M. Monteiro. (2006). *Concrete - Microstructure, properties and materials*. (McGraw-Hill, Ed.), *McGraw-Hill* (Third).
<https://doi.org/10.1036/0071462899>
16. Popovics, S. (1992). *Concrete Materials: Properties, Specifications and Testing*. *Noyes Publication*, 661. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2012.6347457>
17. Qin, Y. (2018). *1 – Seaweed Bioresources. Bioactive Seaweeds for Food Applications*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813312-5.00001-7>
18. Schneider, M., Romer, M., Tschudin, M., & Bolio, H. (2011). Sustainable cement production-present and future. *Cement and Concrete Research*, 41(7), 642–650.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconres.2011.03.019>
19. Torres-Acosta, A. A., Martínez-Molina, W., & Alonso-Guzmán, E. M. (2012). State of the art on cactus additions in alkaline media as corrosion inhibitors. *International Journal of Corrosion*, 2012. <https://doi.org/10.1155/2012/646142>
20. Ventolà, L., Vendrell, M., Giraldez, P., & Merino, L. (2011). Traditional organic additives improve lime mortars: New old materials for restoration and building natural stone fabrics. *Construction and Building Materials*, 25(8), 3313–3318.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.03.020>