Horizonte Académico
Revista Multidisciplinaria
Recibido:09/08/2025 Aprobado:10/09/2025

DOI: https://doi.org/10.70208/3007.8245.v5.n3.224

Mucílago de Aloe Vera como acelerante natural en cementos Portland: Una innovación eco-constructiva

Fernando Rocha Argote
fernando.rocha.argote@gmail.com
https://orcid.org/0009-0000-7728-0432
Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
Bolivia

Grecia Juchani Carmona
grecialab85@gmail.com
https://orcid.org/0009-0009-5967-9699
Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
Bolivia

Sandor Ferec Pozo Barrientos
pozosandor2@gmail.com
https://orcid.org/0009-0003-5596-9740
Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
Bolivia

Jhoselin Duran Equise
yoselinduran6@gmail.com
https://orcid.org/0009-0007-3808-0527
Universidad Autónoma Gabriel René Moreno
Bolivia

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es analizar el efecto del reemplazo parcial del agua de amasado por Mucílago de Aloe Vera (MAV) en pastas de cemento Portland para evaluar su influencia en la consistencia normal y tiempo de fraguado. Se realizaron un total de tres tipos de muestras, una muestra patrón, muestras con 1% y 2% de MAV en función de la cantidad de agua. Mediante la norma ASTM C187 y ASTM C191 se mide la consistencia normal y el tiempo de fraguado. Los resultados muestran que la sustitución controlada del agua por MAV en 1% y 2% mantienen la consistencia normal según la muestra patrón, sin embargo, presenta una ligera aceleración en el fraguado, esto es evidente en los ensayos con 1% de MAV, donde el fraguado inicial ocurre a los 120 minutos y el final a 210 minutos respecto a la muestra patrón que ocurre a los 150 minutos el inicial y 255 minutos el final. De esta manera se concluye que la dosis efectiva de MAV es 1%, esto acelera el fraguado para obtener una rigidez temprana, útil en pavimentos rígidos donde alcanzar resistencias tempranas favorece a la habilitación del mismo para la circulación vehicular.

Palabras clave: mucílago; *aloe vera*; consistencia; fraguado; cemento portland

Aloe Vera mucilage as a natural accelerator in Portland cement: an Eco-Constructive innovation

ABSTRACT

The objective of this research is to analyze the effect of partial replacement of kneading water by Aloe Vera Mucilage (AVM) in Portland cement pastes to evaluate its influence on normal consistency and setting time. A total of three types of samples were made, a standard sample, samples with 1% and 2% AVM depending on the amount of water. Using the ASTM C187 and ASTM C191 standards, normal consistency and setting time are measured. The results show that the controlled replacement of water with AVM at 1% and 2% maintains the normal consistency according to the standard sample, however, it presents a slight acceleration in setting, this is evident in the tests with 1% AVM, where the initial setting occurs at 120 minutes and the final at 210 minutes compared to the standard sample, which occurs at 150 minutes the initial and 255 minutes the final. Thus, it is concluded that the effective dosage of MAV is 1%. This accelerates setting to achieve early rigidity, making it a natural and sustainable additive for Portland cements.

Keywords: mucilage, aloe vera, consistency, setting, portland cement

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria de la construcción como respuesta a la demanda ambiental y social que exige la sostenibilidad de materiales se encuentra en constante búsqueda de alternativas que reduzcan la huella de carbono que llega a producir el cemento Portland ya que es el más utilizado para el desarrollo de infraestructuras, por este motivo el interés se centra en los aditivos de origen natural, capaces de modificar favorablemente las propiedades físicas de las pastas y morteros de cemento sin comprometer su desempeño técnico así como reducir el impacto ambiental (Mehta & Monteiro, 2014) Dentro de este panorama, los extractos vegetales emergen como una opción, entre ellos, el mucílago de Aloe Vera conocido como sábila que, gracias a su disponibilidad, bajo costo y composición rica en polisacáridos, minerales y compuestos fenólicos que le confieren características reológicas (Hamman, 2008). Siendo un gel viscoso, el mucílago al ser incorporado en mezclas cementicias, modifica la retención de agua, consistencia y la cinética de hidratación del cemento, afectando los tiempos de fraguado y la resistencia temprana. (Aburto et al., 2018)

Elk fraguado del cemento es un proceso que determina la transición de la pasta fresca y trabajable a un material rígido, resistente capaz de conservar su forma. Todo este proceso está regulado por la hidratación de los silicatos y aluminatos presentes en el Clinker, lo que conlleva a la formación de gel de silicato cálcico hidratado (C-S-H) y de etringita en las primeras horas de reacción (Neville & Brooks, 2010). De esta manera el tiempo de fraguado inicial se define como el momento en que la pasta comienza a perder su plasticidad, mientras que el fraguado final marca el tiempo en que la pasta gana rigidez para resistir cargas.

Se evidencia que las incorporaciones de extractos vegetales desempeñan un papel dual en la hidratación del cemento, algunos compuestos llegan a ser acelerantes, promoviendo la nucleación temprana, mientras que otros funcionan como retardantes, debido a la constante formación de capas protectoras sobre las partículas de Clinker dificultando la difusión de agua (Gallegos et al., 2021). De esta manera las elevadas viscosidades de los mucílagos generan un incremento en la consistencia de las pastas cementicias, esto a un porcentaje considerado en cuanto a la incorporación donde favorece una distribución homogénea del agua dentro de la mezcla. (Bedada et al., 2023)

El mucílago de Aloe Vera presenta además algunos compuestos como ser acemanano, siendo este un polisacárido de cadena larga con alta afinidad por el agua, que puede alterar el equilibrio entre agua libre y agua ligada dentro de la pasta de cemento (Hamman, 2008). Esto sugiere que el mucílago puede reemplazar parcial o totalmente el agua de amasado, actuando no solo como aditivo, sino como un componente del sistema de hidratación. De esta forma su incorporación puede afectar a la consistencia normal como a los tiempos de fraguado, generando un efecto acelerante en bajas dosis.

Desde un enfoque práctico, un fraguado inicial más rápido implica que la pasta de cemento pierde capacidad de moldeo en poco tiempo, obligando así a optimizar los procesos de colocación, al mismo tiempo permite una ganancia temprana de resistencia reduciendo los tiempos de espera para etapas posteriores dentro de la construcción, por otra parte, un fraguado final más rápido posibilita desencofrar elementos estructurales más rápido acelerando la producción (Neville & Brooks, 2010).

En este marco, la investigación busca aportar al conocimiento sobre el uso de aditivos naturales y sostenibles en materiales cementicios, promoviendo alternativas que no solo optimicen la eficiencia de los procesos constructivos, sino que también contribuyan a la reducción del impacto ambiental y al desarrollo de una construcción eco–eficiente.

Para determinar la consistencia normal y tiempo de fraguado de pastas de cemento con MAV se procede a caracterizar fisicoquímicamente el mucílago de Aloe Vera (MAV), analizando primeramente su ph, viscosidad y contenido de azúcares que puede llegar a influir en su interacción con el cemento Portland. Posteriormente se prepara pastas de cemento con diferentes porcentajes de reemplazo de agua por MAV, garantizando la homogeneidad y controles de ensayo según norma. De esta manera se procede a determinar mediante las normas ASTM C187 y ASTM C191, la consistencia normal y tiempo de fraguado para posteriormente realizar un análisis comparativo de los resultados estableciendo la relación de los porcentajes de sustitución y las propiedades evaluadas, identificando el rango óptimo de reemplazo que mejore el comportamiento del cemento.

METODOLOGÍA

La presente investigación tiene un enfoque experimental y comparativo, donde se evalúa el efecto del reemplazo parcial del agua de amasado por mucílago de Aloe Vera (MAV) en el fraguado del cemento Portland.

Se utiliza cemento Portland IP30 conforme a la norma ASTM C150. El MAV se obtiene a partir de hojas frescas, limpias, extrayendo el gel interno para luego pasar por un proceso de licuado y filtrado hasta obtener una solución homogénea y libre de impurezas cuyos componentes se describen en la tabla 1. El aparato de Vicat, calibrado según ASTM C191, se empleó para determinar la consistencia normal y tiempo de fraguado a una temperatura de laboratorio de 23 °C, como establece la norma.

Tabla 1. Componentes del Mucilago de Aloe Vera.

Componente	Rango típico (% en peso del gel fresco)	Efecto en el fraguado inicial del cemento
Azúcares simples (glucosa, manosa, arabinosa)	0.3 – 0.7 %	Actúan como sitios de nucleación, acelerando la hidratación de C_3A y C_3S.
Calcio (Ca^{2+})	0.02 – 0.05 %	Favorece la precipitación temprana de C-S-H y etringita.
Potasio (K^+)	0.03 – 0.08 %	Funciona como activador alcalino, acelera la reacción de aluminatos.
Sodio (Na^+)	0.01 – 0.03 %	Refuerza el efecto de activación alcalina.
Magnesio (Mg^{2+})	0.005 – 0.02 %	Contribuye a la formación inicial de productos hidratados.
ph	4.67 – 7.18	Acelera el fraguado inicial.

Fuente: Elbandy et al., 2014; Hamman, 2008; Sahu et al., 2013; Alam et al., 2021, Jales et al., 2022.

Se elaboraron tres tipos de muestras: La primera corresponde a la muestra patrón, es decir sin incorporación de MAV, la segunda muestra corresponde al reemplazo del agua con 1% de MAV y la tercera muestra corresponde al reemplazo del 2% de MAV. Todas las muestras fueron homogeneizadas manualmente hasta llegar a una consistencia uniforme.

La consistencia normal y tiempo de fraguado se determinan de acuerdo con la norma ASTM C187 y C191. El fraguado inicial se define cuando la penetración de la aguja de Vicat alcanza los 25mm, mientras que el fraguado final cuando dicha aguja no penetra la pasta de cemento. Las mediciones para

la consistencia normal se realiza con la sonda de Tetmayer del aparato de Vicat hasta una penetración de 10 ± 1mm y para el tiempo de fraguado en intervalos de 15 minutos hasta completar el proceso.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

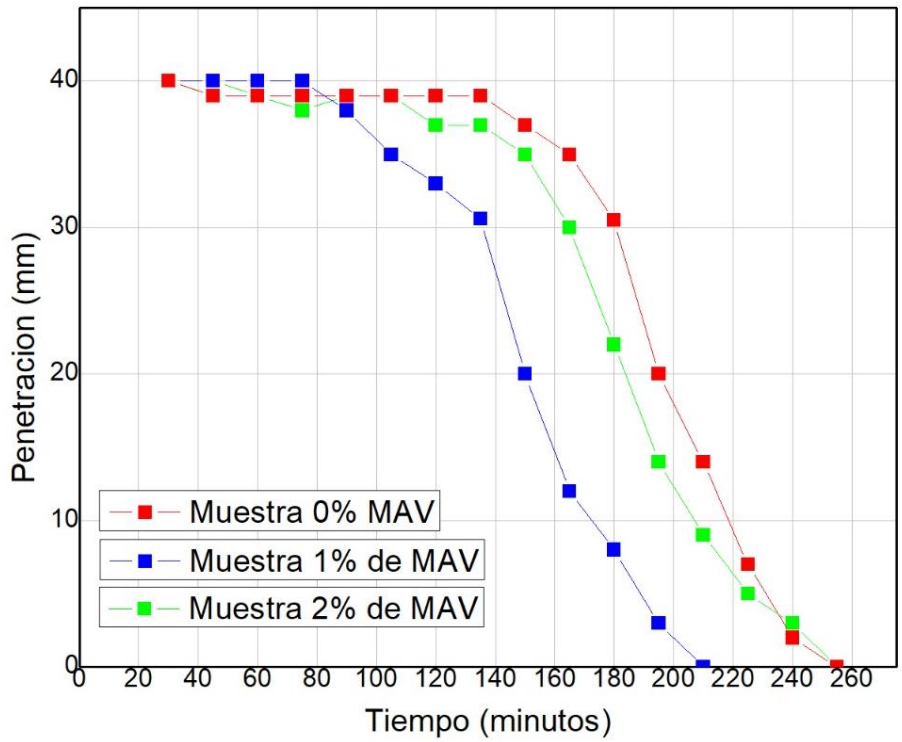
El resultado de los ensayos de fraguado evidencia las diferencias entre la pasta de cemento (patrón) y las mezclas en las que el agua de amasado fue parcialmente sustituida por MAV, describiendo lo siguiente:

Muestra patrón: Presentó un tiempo de fraguado inicial de 150 minutos y un tiempo de fraguado final de 255 minutos.

Muestra con 1% de MAV: Alcanzó un fraguado inicial de 120 minutos y un fraguado final de 210 minutos, donde se evidencia una aceleración significativa en comparación con la muestra patrón.

Muestra con 2% de MAV: Registró un fraguado inicial de 135 minutos y un fraguado final de 210 minutos, se evidencia un efecto acelerante menos pronunciado en comparación con la muestra de 1%.

Gráfico 1. Resultados experimentales del tiempo de fraguado.



Estos resultados confirman el efecto del MAV como acelerante natural del fraguado que es atribuible principalmente a dos factores:

1. Efecto nucleante de los polisacáridos, favoreciendo la precipitación temprana de los productos de hidratación como el gel C-S-H así como la etringita, reduciendo el tiempo que la pasta tiene en su plasticidad.
2. Reducción del agua libre disponible, siendo que el mucílago cuenta con alta capacidad de retención de agua concentrando Ca^{2+} y OH^- más rápido, acelerando la cristalización inicial.

Gráfico 2. Comparación del Inicio de fraguado.

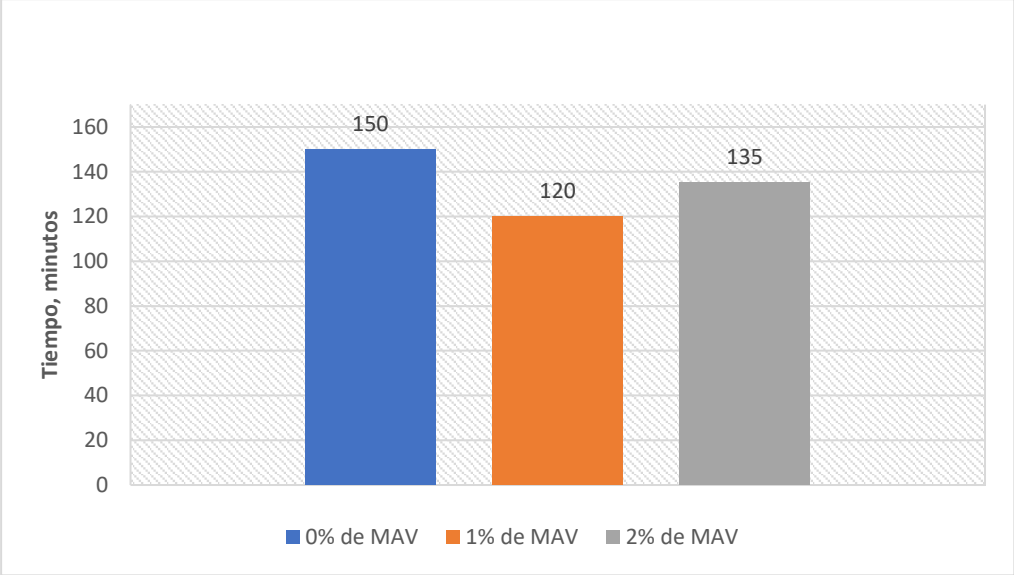
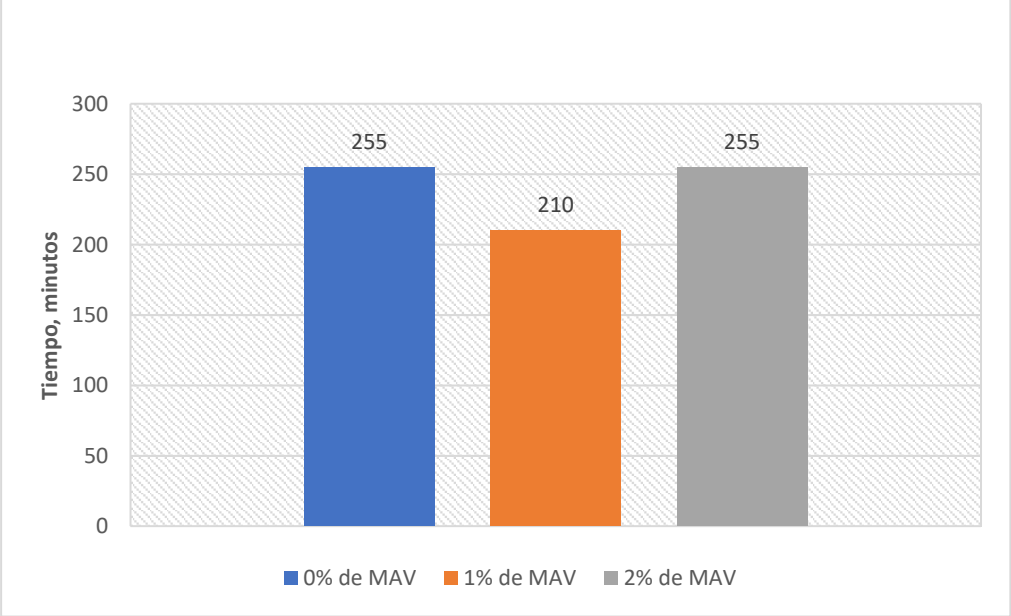


Gráfico 3. Comparación del final de fraguado



Los resultados obtenidos en la presente investigación muestran que el reemplazo parcial del agua de amasado por mucílago de Aloe Vera (MAV) tiene un efecto significativo en los tiempos de fraguado

del cemento Portland, donde el fraguado inicial se reduce de 150 min en la muestra patrón a 120 min con 1% de mucílago y a 135 min con 2%, por otra parte, el fraguado final reduce de 255 min a 210 min en ambas dosificaciones. Esto indica un efecto acelerante del mucílago, con mayor eficacia en la dosis de 1%.

Este comportamiento se debe a la composición del MAV, rico en polisacáridos y compuestos hidrofílicos que pueden llegar a incrementar la viscosidad del medio y modificar la distribución del agua en la pasta como lo reporta Hamman, 2008. Dichos compuestos favorecen a la nucleación temprana de productos de hidratación como C-S-H y etringita, acelerando la perdida de plasticidad como lo reporta Neville & Brooks, 2010. Resultados similares reporta Bedada et al., 2023 y Gallegos et al., 2021 donde se emplea biopolímero como aditivos en cementos observándose un incremento en la consistencia y una reducción en los tiempos de fraguado.

El porcentaje de 1% demuestra una mayor eficiencia respecto al 2%, la cual puede atribuirse a que una dosis moderada de MAV optimiza la hidratación inicial, mientras que en exceso genera películas alrededor del Clinker limitando la difusión del agua, reduciendo el efecto acelerante (Aburto et al., 2018; Mehta & Monteiro, 2014). Este comportamiento fue documentado también como una forma dosis-dependiente con otros extractos vegetales (Oshim et al, 2024).

El efecto acelerante del MAV dentro del fraguado puede ser ventajoso en aplicaciones como el caso de los prefabricados, reparaciones rápidas o pavimentos rígidos con tráfico intenso donde se requiere rigidez temprana (Mindess, Young & Darwin, 2003). Sin embargo, implica desafíos relacionados con la reducción del tiempo de moldeo, lo que exige mayor control del curado para evitar fisuraciones por contracción plástica (Kosmatka & Wilson, 2016).

Desde el punto de vista sostenible, el MAV se presenta como un aditivo bio-basado y renovable, con capacidad de sustituir parcial o totalmente aditivos químicos sintéticos con menor huella ambiental (Lai et al., 2023; Ekop et al., 2024), aportando al concepto de construcciones eco eficientes, con tendencia a materiales verdes (Habert et al., 2020).

De forma general, los resultados muestran que el MAV puede ser considerado como un bio-acelerante natural, con potencial aplicación práctica y sostenible en la industria de la construcción.

CONCLUSIONES

La sustitución parcial del agua de amasado por MAV influyó de manera significativa en los tiempos de fraguado del cemento Portland, de esta manera confirma su papel como un aditivo natural con efecto acelerante en proporciones controladas.

La muestra patrón presentó un tiempo de fraguado inicial de 150 minutos y un fraguado final de 255 minutos, por otra parte, la adición de MAV redujo estos valores a 120 y 210 minutos para 1%, y a 135 y 210 minutos para 2% de MAV.Los resultados indican que el MAV tiene directa influencia en las pastas cementicias, acelerando la hidratación inicial y por consiguiente reduce la plasticidad, esto tiene importancia en la resistencia temprana.

La dosis de 1% de MAV resulta más efectiva en comparación a la de 2%, generando una mayor reducción en el tiempo de fraguado sin afectar de forma negativa el incremento gradual de la resistencia. La dosis de 2% genera un efecto intermedio, esto puede deberse a la formación de películas viscosas que limitan de forma parcial la difusión de agua. El uso de mucílago de *Aloe vera* como aditivo ofrece ventajas prácticas en aplicaciones donde se requiere rigidez y resistencia temprana, como en prefabricados, reparaciones rápidas o pavimentos. No obstante, su aceleración del fraguado implica una ventana reducida en cuanto al tiempo de moldeo, lo que demanda un control adecuado del curado. Desde un punto de vista sostenible, el mucílago de Aloe vera representa una alternativa sostenible y eco eficiente a los aditivos químicos convencionales, donde se alinea con las tendencias actuales de construcción verde y materiales renovables. Su incorporación contribuye a una mejora significativa de la trabajabilidad, retención de agua y control de los tiempos de fraguado, de esta manera puede optimizar el desempeño del hormigón en condiciones de elevadas temperaturas o bajas humedades ambientales, estas características lo hacen útil en pavimentos rígidos, losas de piso industrial, elementos prefabricados, cerramientos y obras de drenaje, donde el equilibrio, durabilidad y sostenibilidad son requeridas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. M. (2014). *Concrete: Microstructure, Properties, and Materials* (4th ed.). McGraw-Hill Education.

Hamman, J. H. (2008). Composition and applications of Aloe vera leaf gel. *Molecules, 13*(8), 1599–1616. https://doi.org/10.3390/molecules13081599

Aburto-Moreno, Z., Alvarado-Quintana, H., & Vásquez-Alfaro, I. (2018). Influencia del aloe-vera sobre la resistencia a la compresión, infiltración, absorción capilar, tiempo de fraguado y asentamiento en un concreto estructural. *SCIÉNDO*, *21*(2), 105–118. https://doi.org/10.17268/sciendo.2018.011

Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Concrete Technology* (2nd ed.). Prentice Hall.

Gallegos-Villela, R. R., Larrea-Zambrano, F. D., Goyes-Lopez, C. E., Perez-Sanchez, J. F., Suarez-Dominguez, E. J., & Palacio-Perez, A. (2021). Effect of natural additives on concrete mechanical properties. *Cogent Engineering*, *8*(1), Article 1870790. https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1870790

Bedada, K. D., Nyabuto, A. O., Kinoti, I. K., & Marangu, J. M. (2023). Review on advances in bio-based admixtures for concrete. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, *8*(4), 344–367. https://doi.org/10.47481/jscmt.1328915

Elbandy, M., Mohamed, S., & Awad, A. (2014). Chemical composition of Aloe vera gel. ResearchGate. https://www.researchgate.net/figure/Chemical-composition-of-Aloe-vera-gel_tbl2_271714770

Hamman, J. H. (2008). Composition and applications of *Aloe vera* leaf gel. *Molecules*, *13*(8), 1599–1616. https://doi.org/10.3390/molecules13081599

Sahu, P. K., Giri, D. D., Singh, R., Pandey, P., Gupta, S., Shrivastava, A. K., Kumar, A., & Pandey, K. D. (2013). Therapeutic and medicinal uses of Aloe vera: A review. Pharmacology & Pharmacy, 4(8), 599–610.

Alam, S., Ahiduzzaman, M., Islam, M. N., Haque, M. A., & Akanda, M. A. M. (2021). Formulation and senso-chemical evaluation of Aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller) based value added beverages. *Annals of Bangladesh Agriculture*, *25*(1), 43–54. https://doi.org/10.3329/aba.v25i1.58154

Jales, S. T. L., Barbosa, R. de M., de Albuquerque, A. C., Duarte, L. H. V., da Silva, G. R., Meirelles, L. M. A., da Silva, T. M. S., Alves, A. F., Viseras, C., Raffin, F. N., & Moura, T. F. A. de L. (2022).

Development and characterization of *Aloe vera* mucilaginous-based hydrogels for psoriasis treatment. *Journal of Composites Science*, *6*(8), Article 231. https://doi.org/10.3390/jcs6080231.

Oshim, U. E., Onwuka, D. O., Njoku, F. C., & Onwuka, U. S. (2024). Application of regression model in predicting compressive strength of concrete incorporating aloe vera gel as admixture. *Journal of Materials Engineering, Structures and Computation*, *3*(4), 39–54. https://doi.org/10.5281/zenodo.14576774

Mindess, S., Young, J. F., & Darwin, D. (2003). *Concrete* (2nd ed.). Pearson.

Kosmatka, S. H., & Wilson, M. L. (2016). *Design and Control of Concrete Mixtures* (16th ed.). Portland Cement Association.

Lai, G., Liu, X., Li, S., Xu, Y., Zheng, Y., Guan, J., Gao, R., Wei, Z., Wang, Z., & Cui, S. (2023). Development of chemical admixtures for green and environmentally friendly concrete: A review. *Journal of Cleaner Production*, *389*, 136116. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136116

Ekop, I., Etim, I. N., Ambrose, E., & Edike, U. E. (2024). Bio-based cement concrete admixtures for green recovery in the construction industry: A critical survey. *Materials Circular Economy*, *6*, Article 21 (o número de artículo correspondiente). https://doi.org/10.1007/s42824-024-00113-0

Habert, G., Miller, S. A., John, V. M., Provis, J. L., Favier, A., Horvath, A., & Scrivener, K. L. (2020). Environmental impacts and decarbonization strategies in the cement and concrete industries. *Nature Reviews Earth & Environment*, *1*(11), 559–573. https://doi.org/10.1038/s43017-020-0093-3

Boutouam, Y., Hayek, M., Bouarab, K., & Yahia, A. (2024). A comprehensive review of plant-based biopolymers as viscosity-modifying admixtures in cement-based materials. *Applied Sciences*, *14*(10), Article 4307. https://doi.org/10.3390/app14104307

Bentz, D. P., & Snyder, K. A. (1999). Protected paste volume in concrete: Extension to internal curing using saturated lightweight fine aggregate. *Cement and Concrete Research*, *29*(11), 1863–1867. https://doi.org/10.1016/S0008-8846(99)00178-7

Neville, A. M. (2011). *Properties of Concrete* (5th ed.). Pearson Education Limited.