

ORIGINAL

Clam Shells (*Megapitaria Squalida*) For the Manufacture of Mineral Additives in Concrete Mixes

Conchas De Almeja (*Megapitaria Squalida*) Para la Fabricación de Adiciones Minerales en Mezclas de Concreto

Alicia Zulema Rodríguez Lizárraga¹  , Karla Karina Romero Valdez¹  , Jesús Manuel Bernal Camacho¹  , Víctor Manuel Martínez García²  

¹Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Ingeniería y Tecnología Mazatlán. Mazatlán, México.

²Universidad Autónoma de Sinaloa, Facultad de Arquitectura y Diseño Mazatlán. Mazatlán, México.

Citar como: Rodríguez Lizárraga AZ, Romero Valdez KK, Bernal Camacho JM, Martínez García VM. Clam Shells (*Megapitaria Squalida*) For the Manufacture of Mineral Additives in Concrete Mixes. eVitroKhem. 2026; 5:381. <https://doi.org/10.56294/evk2026381>

Enviado: 11-07-2025

Revisado: 15-09-2025

Aceptado: 08-11-2025

Publicado: 01-01-2026

Editor: Prof. Dr. Javier Gonzalez-Argote 

Autor para la correspondencia: Víctor Manuel Martínez García 

ABSTRACT

This research analyzes the feasibility of using chocolate clam shells (*Megapitaria squalida*) as a mineral additive in concrete mixtures to reduce the environmental impact of marine waste and the high consumption of Portland cement. A quantitative methodological approach was applied, including the collection, cleaning, crushing, calcination, and grinding of the biomaterial, followed by compressive strength and durability tests on concrete specimens with 10 % partial cement replacement. The results showed that shells calcined at 800 °C and 1000 °C exhibit suitable pozzolanic properties and improve the mechanical strength of concrete, exceeding the values obtained in reference mixtures. Likewise, electrical resistivity tests indicated a very low chloride penetration, demonstrating high durability and good protection against steel reinforcement corrosion. The findings confirm that *Megapitaria squalida* shells, due to their high calcium carbonate (CaCO₃) content, represent a sustainable and economically viable alternative for producing eco-friendly concrete. Their incorporation contributes to reducing CO₂ emissions associated with cement manufacturing, promoting practices aligned with the Sustainable Development Goals (SDGs).

Keywords: Sustainable Concrete; *Megapitaria Squalida*; Marine Waste; Mineral Additives; Durability.

RESUMEN

La investigación analiza la viabilidad del uso de conchas de almeja chocolata (*Megapitaria squalida*) como adición mineral en mezclas de concreto, con el fin de disminuir el impacto ambiental derivado de los residuos marinos y del alto consumo de cemento Portland. Se empleó un enfoque metodológico cuantitativo que incluyó la recolección, limpieza, trituración, calcinación y molienda del biomaterial, seguido de ensayos de resistencia a la compresión y durabilidad en concretos con reemplazos parciales del 10 %. Los resultados demostraron que las conchas calcinadas a 800 °C y 1000 °C presentan propiedades puzolánicas adecuadas y favorecen la resistencia mecánica del concreto, superando los valores obtenidos en las mezclas de referencia. Asimismo, las pruebas de resistividad eléctrica indicaron una muy baja penetración de cloruros, reflejando una alta durabilidad y buena protección frente a la corrosión del acero de refuerzo. El análisis final confirma que las conchas de *Megapitaria squalida*, por su alto contenido de carbonato de calcio (CaCO₃), son una alternativa sostenible y económicamente viable para la producción de concretos ecológicos. Su incorporación contribuye a reducir las emisiones de CO₂ asociadas a la fabricación del cemento, promoviendo prácticas alineadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: Concreto Sostenible; Megapitaria Squalida; Residuos Marinos; Adiciones Minerales; Durabilidad.

INTRODUCCIÓN

El impacto medioambiental que la industria de la construcción detona particularmente en el proceso de fabricación del cemento principal elemento constitutivo del concreto, ha motivado la propuesta de alternativas viables para disminuir las emisiones de gases a la atmósfera y por ende la reducción de la huella de carbono.

El aprovechamiento de residuos de naturaleza marina como productos secundarios representan una opción innovadora y sostenible para la investigación. La concha de almeja chocolata (*Megapitaria squalida*) es una especie bivalva predominante en las aguas del Pacífico mexicano cuya estructura química del esqueleto exterior presenta una composición rica en carbonato de calcio, la cual es una característica factible para considerarse como adición mineral en mezclas de concreto.

La recolección inadecuada, la disposición y vertido incorrecto, así como la carencia de tratamientos efectivos de residuos provocan problemas de contaminación medioambiental y afectaciones a los ecosistemas terrestres y marinos. Estos efectos que influyen en el cambio climático representan elementos que impactan el desarrollo socioeconómico a nivel global.

En México, la producción (peso vivo) en toneladas de almeja en 2023 fue de 18 062, de las cuales 17 536 toneladas corresponden a la captura y 526 toneladas a la acuacultura, siendo Baja California Sur el principal productor seguido por Sinaloa. La tasa media de crecimiento anual de la producción en los últimos 10 años es de -4,78 %.⁽¹⁾

En la actualidad, el desecho de las conchas de almeja chocolata (*Megapitaria squalida*) representan un grave problema de contaminación principalmente en las zonas de litoral costero. En la etapa posterior al consumo del cuerpo o carne de la almeja, la concha es arrojada en diferentes sitios, como áreas cercanas a su comercialización, calles y otros lugares públicos e incluso en rellenos sanitarios donde los volúmenes son vertidos de forma arbitraria.

La reutilización de conchas de almeja chocolata para la fabricación de adiciones minerales en mezclas de concreto sin duda representa una solución eficiente y rentable para estos residuos.

Marco teórico

El concreto es el material más importante en la industria de la construcción, indispensable para el desarrollo de infraestructura. Con el avance de la tecnología y el crecimiento demográfico, el uso de este componente ha incrementado a lo largo de los años. Sin embargo, su producción genera una alta huella de carbono producida por la obtención del cemento.

Para el 2024, se estimó que la producción de cemento fuera de 4,39 mil millones de toneladas, y se espera que en el año 2030 alcance los 5,96 millones de toneladas. La región con mayor participación para la producción de esta materia es Asia-Pacífico con 72,53 % de la producción total, seguido por Arabia Saudita con 12 % y los Emiratos Árabes Unidos con 3 %.⁽²⁾

Durante la producción de cemento las emisiones de CO₂ se dividen en dos procesos, el primero es mediante el procedimiento de calcinado de los minerales para la producción del clínker que aporta el 60-70 %, mientras que el 30-40 % restantes es ocasionado por el empleo de combustibles de los hornos de elaboración del material.⁽³⁾

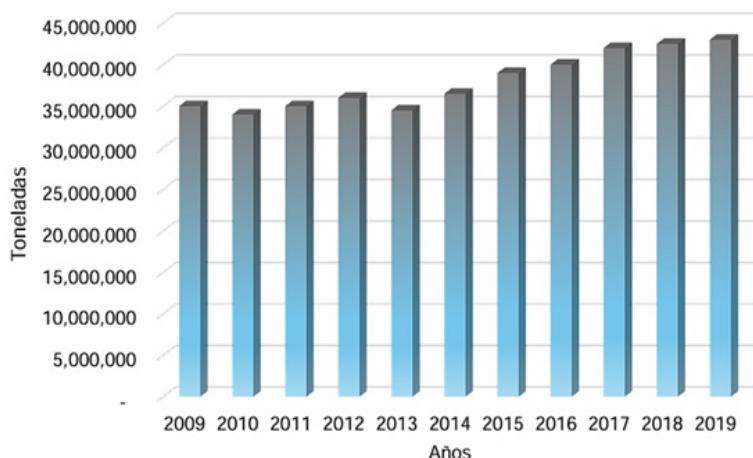


Figura 1. Producción de cemento en México 2009-2019⁽⁴⁾

Utilización de residuo mineral de moluscos para la generación de concreto

En relación con las conchas marinas, tal como lo cita Martínez García, diversos estudios efectuados a la composición de los moluscos relativos a la estructura química de las valvas, destacan la presencia de un alto porcentaje de carbonato cálcico oscilando entre 95-99 % en comparación con el peso del producto. De igual manera, se puede corroborar la existencia de óxido de potasio, óxido de silicio, óxido de hierro en menor escala.⁽⁵⁾ Este autor confirma que tales resultados son coincidentes tras la utilización de fluorescencia a través de exposición a rayos X (XRF). Para el caso de la concha de almeja tiene un 100 % de aragonita, mientras que la del mejillón un 13 % de calcita y un 78 % aragonita.⁽⁵⁾

En sectores como la Bahía Magdalena-Almejas y Loreto, se han establecido planes para la operación pesquera en los que se fomenta que la acción de extraer la almeja chocolata, sea vista desde una perspectiva sostenible y aplicable para múltiples propósitos. Uno de estos fines es que las conchas de almeja sean aprovechadas como un subproducto. Al utilizar las conchas de este modo, no sólo se aminora la cantidad de desechos, sino que se aporta a la creación de un modelo de construcción más sostenible.

Internacionalmente, se ha realizado una vasta investigación con respecto a la utilización de conchas de almeja incluyendo la (*Megapitaria squalida*) para adiciones en el concreto. Estos estudios informan el latente potencial para ser consideradas como un elemento aprovechable como material alternativo y sostenible, con el propósito de contar con opciones variadas para secundar el gran impacto ambiental provocado por la elaboración de cemento y otros materiales habituales, empleando recursos que son valorados como residuos.

México ha llevado a cabo una gran variedad de estudios referentes al uso de carbonato de calcio contenido en gran parte de su estructura las conchas de los ecosistemas marinos como es el caso de la almeja coloquialmente conocida como chocolata, viable como alternativa de compensación para la fabricación de concreto.

En estados de la república como Tabasco y Veracruz, se han realizado pruebas experimentales que consisten en moler las conchas y utilizarlas como un sustituto de grava en mezclas de concreto, con la intención de mitigar el impacto ambiental que esto causa en el entorno y usar de una manera práctica los residuos que genera la industria local pesquera.⁽⁶⁾

La propiedad de puzolanicidad del material

Para evaluar las características de las adiciones minerales provenientes de conchas marinas como alternativa sustentable para la elaboración de mezclas de concreto es necesario realizar pruebas de laboratorio similares a las que se efectúan en concretos tradicionales para su contrastación.

En apego a la Norma Mexicana NMX-C-083-ONNCCE-2014 para la determinación de la resistencia a la compresión de especímenes (método de ensayo) y con referencia a la NMX-C-159-ONNCCE-2016 para la elaboración y curado de probetas de ensayo, es posible determinar la resistencia a la compresión del concreto para piezas cilíndricas moldeadas y realizar la valoración de la utilización de adiciones minerales provenientes de conchas marinas como material puzolánico alternativo para la elaboración del concreto mediante porcentajes de reemplazo que oscilan entre el 10 % y 15 %, de acuerdo a resultados expuestos por diferentes investigadores.

MÉTODO

Esta investigación estuvo sustentada en el enfoque cuantitativo que, mediante la recopilación de datos permitió verificar y justificar de la hipótesis planteada con la intención de establecer patrones de comportamientos y validación.

El espacio muestral estuvo conformado por las conchas de almeja (*Megapitaria squalida*) recolectadas de diversos puntos de vertido ubicados en la ciudad de Mazatlán, Sinaloa, así como en áreas de expendedores de moluscos y establecimientos comerciales. Es importante resaltar que el muestreo realizado se caracteriza por ser intencional no probabilístico.

De manera inicial la fase experimental tuvo como punto de partida el proceso de limpieza del biomaterial residual. Este consistió en remover de las conchas de almeja (*Megapitaria squalida*) cualquier residuo orgánico e inorgánico de su interior, utilizando técnicas de limpieza profunda tanto físicas como químicas las cuales estuvieron sustentadas en la literatura con la finalidad de mantener una muestra idónea que no presente modificaciones en la estructura química de la muestra. Esta etapa permitió garantizar que el material de estudio estuviera libre de cualquier tipo de impureza que pudiera afectar las siguientes fases del proceso de experimentación. Cabe destacar que los restos calcáreos al ser originarios de zonas marinas, por lo general, cuentan con la presencia de algas, microorganismos y otras impurezas procedentes de contaminantes naturales, en caso de no ser retirados, podrían influir en las propiedades físico - químicas del resultado final.

Como primer paso las conchas de almeja (*Megapitaria squalida*) fueron sometidas a la acción de la cal hidratada, con la finalidad de iniciar el proceso de limpieza, removiendo las partículas no deseadas que se encuentran adheridas a las valvas y los malos olores de estas mismas, permitiendo continuar con las etapas subsecuentes del proceso.



Figura 2. Vertido de cal sobre las conchas de almeja (*Megapitaria squalida*)

Además, se llevó cabo una esterilización térmico - química de las conchas en solución de ácido acético diluido, para que la combinación del calor y la acidez del vinagre destruyan las partículas microbianas, restos orgánicos y sales minerales incrustadas cuando estuvieron en contacto con el entorno.



Figura 3. Desinfección térmico - química en solución de ácido acético diluido

Posteriormente, se llevó a cabo la etapa de molienda desarrollada a través de diversos mecanismos tanto para la trituración gruesa como fina de las conchas de almeja. Esta actividad consistió en disminuir el tamaño de la partícula del biomaterial hasta producir su pulverización.

Una vez procesada la muestra, continua la etapa de calcinado consistente en convertir el triturado de concha de almeja a un estado óptimo para el análisis de las propiedades físicas y la composición química de la muestra residual.

En el proceso de calcinado en mufla, es necesario refinar de forma manual los fragmentos mediante el uso de un mortero de laboratorio. La molienda se prolongó hasta lograr que la materia prima pulverizado pase completamente a través de la malla de 0,075 mm (No.200).

Posterior a haber logrado la transformación completa de CaCO_3 en CaO , el producto obtenido debe lograr un 95 % de materia orgánica eliminada, cumpliendo dicha condición, el material es ideal para aplicaciones en concreto como adición mineral.

Para realizar los ensayos de resistencia a la compresión se elaboraron especímenes cilíndricos con dimensiones de 20 cm de alto y 10 cm de diámetro conforme a la norma, los cuales fueron sometidos previo a las pruebas de esfuerzo, a un proceso de curado bajo condiciones controladas en un periodo de 28 días sumergido en agua con porciones de cal (6 gr/l).

Con el objetivo de garantizar la nivelación de las probetas de ensayo durante el estudio, se realizó el cabeceo de las piezas mediante cubiertas de neopreno colocadas sobre las dos caras horizontales.

Las probetas fueron colocadas en la máquina de ensayo equipada con dos bloques de acero para la aplicación de la carga con superficie de contacto con la finalidad de evitar la deformación durante la aplicación de las cargas.

RESULTADOS

La información obtenida de esta fase experimental derivó valores de resistencia a la compresión qué permiten identificar que las mezclas adicionadas con residuos minerales de la almeja (*Megapitaria Squalida*) son superiores a las magnitudes obtenidas en las probetas de concreto de referencia.

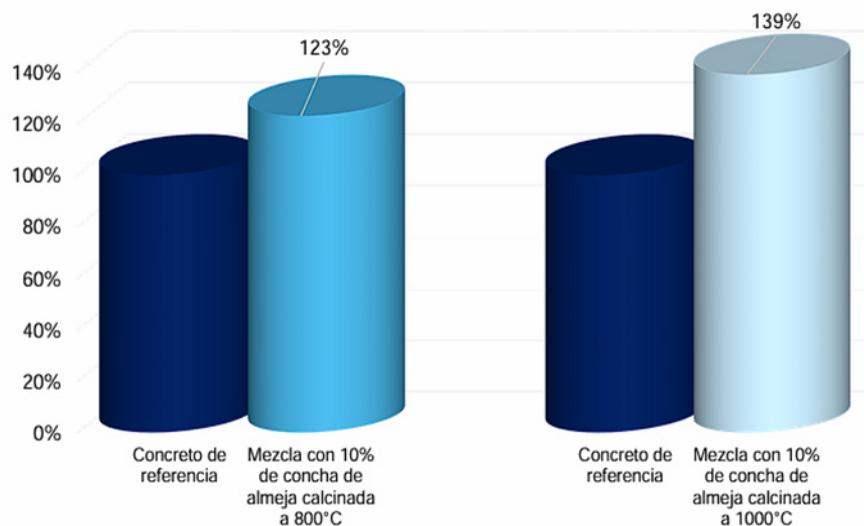


Figura 4. Resultados comparativos de especímenes fabricados con mezcla con adición mineral de concha de almeja y el concreto de referencia

De acuerdo con la información experimental, el esfuerzo a la compresión estuvo situado 23 % por encima del concreto de referencia considerando un 10 % de adición mineral calcinada a 800 °C, mientras que, para mezclas con residuos calcinados de concha de almeja a 1000 °C con el mismo porcentaje de reemplazo, el valor excedió 39 % con relación al concreto referenciado.

Con respecto al riesgo de penetración de cloruros en concreto acorde a la prueba de resistividad eléctrica realizada conforme a la norma ASTM C1202, se obtuvo una valoración cualitativa del concreto con relación a la penetrabilidad de los cloruros.

Para la evolución de la durabilidad del concreto sostenible se examinaron muestras de concreto etiquetadas como M1 a los especímenes de constituidos con el concreto de referencia, M2A a probetas de ensayo adicionadas con residuo mineral de concha de almeja calcinada a 800 °C y M3A las piezas cilíndricas de biomaterial calcinado a temperatura de 1000 °C.

El promedio de resistencia eléctrica ($\Omega\text{-m}$) obtenida en los especímenes M1 de concreto de referencia fue de 73,29, mientras que las piezas M2A fabricadas con adición mineral calcinada a 800 °C obtuvieron un valor promedio de 66,89. Para los ensayos realizados a los especímenes M3A, el promedio resultante fue de 49,51.

Muestra	Fecha	Resistencia eléctrica (Ω)	Longitud (m)	Área de la cara (m^2)	Constante de celda	Resistividad eléctrica ($\Omega\text{-m}$)	Riesgo de penetración de cloruros
M1	08/04/2025	892000	0.0943	0.0079	0.0833	74.29	MUY BAJA
M1	08/04/2025	878000	0.0954	0.0079	0.0823	72.28	MUY BAJA
M2A	09/04/2025	828000	0.0965	0.0079	0.0814	67.39	MUY BAJA
M2A	09/04/2025	820000	0.0970	0.0079	0.0810	66.39	MUY BAJA
M3A	10/04/2025	620000	0.0970	0.0079	0.0810	50.20	MUY BAJA
M3A	10/04/2025	603000	0.0970	0.0079	0.0810	48.82	MUY BAJA

Figura 5. Resistencia a la penetración de cloruros (parámetros de durabilidad)

Los resultados anteriores relacionados con el promedio del valor de la resistividad eléctrica dejan al descubierto que el riesgo de penetración de cloruro de los especímenes elaborados con adición mineral de concha de almeja (*Megapitaria squalida*) para ambas temperaturas de calcinado son inferiores con respecto al concreto de referencia. Particularmente las piezas clasificadas como M2A están 9 % por debajo del promedio

de resistividad eléctrica obtenido por el concreto de referencia M1, mientras que las probetas M3A registran valores del promedio 32 % inferiores al M1.

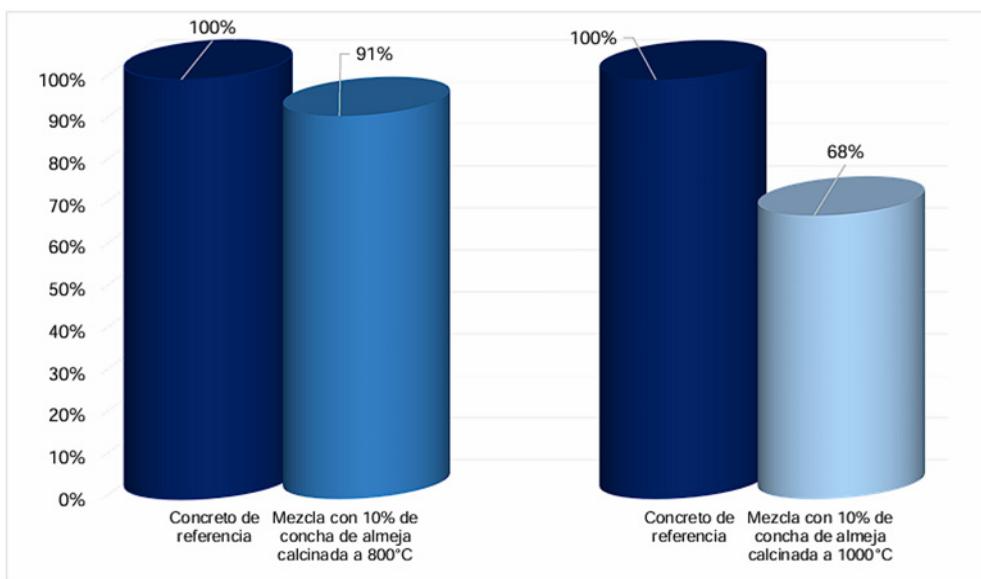


Figura 6. Comparativa en términos porcentuales de la resistividad eléctrica de los especímenes de ensayo

CONCLUSIONES

La fase experimental deja al descubierto que tomando en consideración una mezcla de concreto elaborada con 10 % de porcentaje de reemplazo y las temperaturas de calcinación de 800 °C y 1000 °C, los datos obtenidos con respecto a las pruebas de resistencia a la compresión son superiores a las magnitudes obtenidas en los ensayos realizados en los especímenes del concreto de referencia.

Esto permite destacar inicialmente que la temperatura no es un parámetro significativo de diferenciación, dado que los valores obtenidos durante la experimentación son similares para ambas temperaturas de calcinación. Es decir, la variación no es significativa, los procedimientos realizados para la elaboración de los cilindros de concreto con incorporación de material residual de concha de almeja calcinada a distintas temperaturas vierten resultados semejantes en término de resistencia del concreto, arrojando incluso magnitudes situadas por encima del concreto de referencia, independientemente si el proceso de calcinado se originó a 800 °C o bien 1000 °C.

Se destaca entonces que, en términos de resistencia a la compresión, el factor temperatura no desencadena una diferencia significativa entre los ensayos. El uso de la adición de almeja calcinada como reemplazo parcial del cemento no solamente está significando que se alcancen valores iguales al de referencia, sino que se existe una mejora en los valores, lo cual deja como una posibilidad hacer un mayor reemplazo de cemento por adiciones minerales de almeja superior al 10 %.

Se concluye que puede ser factible la disminución de la cantidad de cemento en la mezcla del concreto para ser remplazada en una mayor proporción de concha calcinada de almeja (*Megapitaria squalida*).

El aprovechamiento de los residuos de molusco marinos como insumo en la construcción es una solución eficaz para aminorar los efectos ambientales negativos. En perspectiva, la cantidad de conchas arrojadas a los diferentes entornos ambientales se minimiza; otro beneficio, en la reducción del uso del cemento que provoca la integración de grandes volúmenes de CO₂ a la atmósfera.

REFERENCIAS

1. CONAPESCA. Anuario estadístico de acuacultura y pesca 2023. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca; 2023. Disponible en: https://nube.conapesca.gob.mx/sites/cona/dgppe/2023/ANUARIO_ESTADISTICO_DE_ACUACULTURA_Y_PESCA_2023.pdf
2. Mordor Intelligence. Mercado del cemento ANÁLISIS DE TAMAÑO Y PARTICIPACIÓN - TENDENCIAS DE CRECIMIENTO Y PRONÓSTICOS HASTA 2023. 2025. Disponible en: <https://www.mordorintelligence.com/es/industry-reports/cement-market>
3. Hinkel M, Blume S, Hinchliffe D, Mutz D, Hengevoss D. Directrices sobre Pre- y Co-procesamiento de Residuos en la Producción de Cemento. 1st ed. Vol. 1. Alemania: Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH; 2020.

4. Secretaría de Economía. Perfil de mercado de la caliza. Gobierno de México; 2022. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/692310/10._Perfil_Caliza_2021__T_.pdf
5. Martínez García C. Estudio del comportamiento de la concha de mejillón como árido para la fabricación de hormigones en masa: aplicación en la cimentación de un módulo experimental (Módulo Biovalvo). Tesis de licenciatura. Coruña: Universidade da Coruña. Escola Universitaria de Arquitectura Técnica; 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2183/17489>
6. Underdog. Un material como el concreto pero hecho de conchas de mar. 2020 Sep 10. Disponible en: <https://underdogmexico.com/un-material-como-el-concreto-pero-hecho-deconchas-de-mar/>

FINANCIACIÓN

Los autores no recibieron financiación para el desarrollo de la presente investigación.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

CONTRIBUCIÓN DE AUTORÍA

Conceptualización: Alicia Zulema Rodríguez Lizárraga.

Curación de datos: Jesús Manuel Bernal Camacho.

Análisis formal: Víctor Manuel Martínez García.

Investigación: Alicia Zulema Rodríguez Lizárraga.

Metodología: Karla Karina Romero Valdez.

Administración del proyecto: Karla Karina Romero Valdez.

Recursos: Jesús Manuel Bernal Camacho.

Software: Víctor Manuel Martínez García.

Supervisión: Alicia Zulema Rodríguez Lizárraga.

Validación: Jesús Manuel Bernal Camacho.

Visualización: Karla Karina Romero Valdez.

Redacción - borrador original: Alicia Zulema Rodríguez Lizárraga.

Redacción - revisión y edición: Víctor Manuel Martínez García.