

Universidad de Lima  
Facultad de Ingeniería  
Carrera de Ingeniería Industrial



# **SUSTITUCIÓN DEL CARBONATO DE CALCIO INORGÁNICO POR CARBONATO DE CALCIO BIOGÉNICO OBTENIDO DE RESIDUOS DE LAS VIEIRAS (*Argopecten purpuratus*) EN LAS INDUSTRIAS PERUANAS**

Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial

**Darlyn Eliane Del Castillo Luis**

**Código 20170463**

**Anthony Smith Palomino Achulla**

**Código 20172451**

**Asesor**

**Rosa Patricia Larios-Francia**

Lima – Perú

Diciembre de 2023

<b>Propuesta</b> <b>Carrera Ingeniería Industrial</b>
<b>Título</b> SUSTITUCIÓN DEL CARBONATO DE CALCIO INORGÁNICO POR CARBONATO DE CALCIO BIOGÉNICO OBTENIDO DE RESIDUOS DE LAS VIEIRAS ( <i>Argopecten purpuratus</i> ) EN LAS INDUSTRIAS PERUANAS
<b>Autor(es)</b> 20170463@aloe.ulima.edu.pe; 20172451@aloe.ulima.edu.pe Universidad de Lima
<p><b>Resumen:</b> El Perú es a nivel mundial el tercer productor de vieiras o conchas, industria que genera diversos beneficios económicos y sociales, pero, a la vez, genera un problema ambiental ya que se desecha las valvas de las vieiras en vertederos. No obstante, estas se pueden transformar en carbonato de calcio pulverizado biogénico en reemplazo del carbonato de calcio inorgánico obtenido de la caliza, promoviendo una serie de beneficios. Así, esta investigación se trazó como objetivo principal determinar en qué industrias resulta competente este reemplazo. Para este efecto se realizó una revisión de la literatura donde se pudo determinar las características que diferencian ambos productos, así como una búsqueda de las industrias peruanas que importan carbonato de calcio inorgánico. De esa forma, se determinó que las industrias de agricultura/acuicultura, farmacéutica y de alimentos cumplen con las características para hacer competente la sustitución de carbonato de calcio inorgánico por el biogénico.</p> <p><b>Palabras Clave:</b> valvas; carbonato de calcio; caliza; industrias peruanas; economía circular.</p> <p><b>Abstract:</b> Peru is the world's third largest producer of scallops or shells, an industry that generates various economic and social benefits, but, at the same time, generates an environmental problem since scallop shells are disposed of in landfills. However, these can be transformed into biogenic pulverized calcium carbonate instead of inorganic calcium carbonate obtained from limestone, promoting a series of benefits. Thus, the main objective of this research was to determine in which industries this replacement is competent. For this purpose, a review of the literature was carried out where it was possible to determine the characteristics that differentiate both products, as well as a search for the Peruvian industries that import inorganic calcium carbonate. In this way, it was determined that the agriculture/aquaculture, pharmaceutical and food industries meet the characteristics to make the substitution of inorganic calcium carbonate competent for the biogenic one.</p> <p><b>Keywords:</b> shells; calcium carbonate; limestone; Peruvian industries; circular economy.</p>
<p><b>Línea de investigación IDIC – ULIMA</b></p> <p>Productividad y empleo</p> <p>Recursos naturales y medio ambiente</p>
<p><b>Área y Sub-áreas de Investigación:</b></p> <p>Área: 12. Design and Manufacturing Engineering</p> <p>Sub-área: 12.1. Engineering Design</p>
<p><b>Objetivo (s) de Desarrollo Sostenible (ODS)</b> relacionado (s) al tema de investigación.</p> <p>ODS 9: Industria, innovación e infraestructura.</p> <p>Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización sostenible y fomentar la innovación</p>

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la industria pesquera, la comercialización de moluscos ocupa el segundo lugar a nivel mundial con 16,1 millones de toneladas equivalente a 19 mil millones de dólares producidas anualmente (Silva et al., 2019). Dentro de la amplia gama de moluscos, las vieiras o conchas constituyen un producto muy valorado en el mercado por su uso en la industria gastronómica. Las presentaciones comerciales de este producto son tres: la concha completa, la gónada con el músculo y solo la gónada (Dewi et al., 2021). Los principales productores de vieiras o conchas son China, Japón, Perú y Chile con hasta un 95% de la producción; nuestro país aporta el 1.2% (Mendo & Quevedo, 2020). El principal producto que Perú exporta a los mercados de E.E.U.U y Europa, en la categoría, es la concha desvalvada y limpia (Mendo & Quevedo, 2020).

La vieira peruana o concha de abanico, *Argopecten purpuratus* (Lamarck, 1819), es un bivalvo que se siembra, cosecha y produce principalmente en las costas de Perú y Chile (Kluger et al., 2019). La masificación de su producción en estos países se logra después de la ocurrencia del Fenómeno El Niño en los años 80's, debido a factores como el aumento de temperatura y de los niveles de oxígeno en el agua (Mendo et al., 2016).

La producción de conchas de abanico aporta grandes beneficios a la economía peruana: cerca de 5 000 pescadores artesanales y 20 000 puestos de trabajo están relacionados a ella. (Kluger et al., 2016). No obstante, se genera grandes cantidades de residuos debido a que las valvas de las conchas son consideradas un desperdicio y se acumulan en vertederos ocasionando impactos ambientales significativos tales como la generación de NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, compuestos orgánicos volátiles con olor fétido e inclusive toxicidad. En dichos sumideros proliferan mosquitos, roedores, insectos, entre otros (H. Y. Li et al., 2012) que son vectores de diversas enfermedades. Estas amenazas son perdurables ya que, a diferencia de otras *Argopecten*, la concha de abanico peruana tiene una persistencia en el ambiente de hasta 7-10 años (C. Li et al., 2018).

Múltiples estudios han encontrado en la composición de las valvas, aproximadamente, 95-99% de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) en forma de calcita y aragonita mientras que el resto es una pequeña cantidad de biomacromoléculas como proteínas, glicoproteínas y polisacáridos (Dampang et al., 2021; J. Morris et al., 2019; Ramakrishna et al., 2017). En consecuencia, las valvas pasan a ser la fuente biogénica más rica de carbonato de calcio, por lo que distintos proyectos han tratado su producción en forma pulverizada de alta pureza (Barros et al., 2009; Lu et al., 2015; Ramakrishna et al., 2017).

En la actualidad, el carbonato de calcio comercial se obtiene principalmente de la caliza, mineral cuya extracción causa impactos ambientales negativos como la contaminación del aire, aguas subterráneas y suelo (Ayuningrum & Purnaweni, 2018). En contraste, existe la alternativa de obtener carbonato de calcio de las valvas tomando en cuenta que es un recurso renovable y económico (Seesanong et al., 2021), abundante en las áreas costeras (Dampang et al., 2021), reutiliza residuos que son considerados molestos y desechables (J. Morris et al., 2019), su proceso de producción es limpio (Habte et al., 2020) y el porcentaje en peso de carbonato de calcio que contiene es superior al de la caliza (Ramakrishna et al., 2017). Adicionalmente, los bivalvos son efectivos para secuestrar CO<sub>2</sub>, sabiendo que a nivel mundial es posible secuestrar una cantidad total de 5 a 7 millones de toneladas métricas de CO<sub>2</sub> por año (Alonso et al., 2021) por este medio.

## OBJETIVOS

Objetivo principal: Determinar en qué industrias resulta competente la sustitución del carbonato de calcio inorgánico por el biogénico obtenido de las vieiras.

Objetivos específicos:

- Sistematizar información acerca de las características y posibles aplicaciones de los residuos de las conchas (*Argopecten purpuratus*).
- Evaluar las condiciones necesarias para el desarrollo de una nueva industria.
- Proponer el desarrollo de una industria para disminuir la contaminación de las costas peruanas.

## JUSTIFICACIÓN

El presente artículo aporta conocimiento acerca de las posibles aplicaciones del carbonato de calcio biogénico obtenido de las vieiras *Argopecten purpuratus* y se propone el desarrollo de una industria que se dedique a su procesamiento dando relevancia al modelo de producción de economía circular. En este sentido, realiza un estudio en base a una revisión literaria para identificar las industrias en las que resultaría ventajosa la sustitución del carbonato de calcio inorgánico por el carbonato de calcio biogénico. Además, se resaltarán que los residuos que genera la explotación de la concha de abanico causan un gran impacto ambiental y la producción de carbonato de calcio biogénico pulverizado puede solucionarlo al mismo tiempo que se revaloriza los residuos del procesamiento de las conchas. Finalmente, el presente trabajo busca beneficiar a las comunidades de las costas del Perú eliminando la contaminación que producen los vertederos de desperdicios de conchas de abanico. Asimismo, los interesados pueden generar ingresos económicos al recolectar los residuos, transportarlos y procesarlos para favorecer el crecimiento de la sociedad.

Este artículo está relacionado al objetivo de desarrollo sostenible número 9 Industria, innovación e infraestructura, puesto que dentro de las directrices principales de este objetivo se promueve la industrialización sostenible y se fomenta la innovación, lo cual se realiza en el desarrollo del artículo pues la industria del procesamiento del carbonato de calcio biogénico resulta innovadora y resolvería un problema ambiental existente. Asimismo, se considera una industria sostenible ya que la materia prima hoy en día es considerada un “desperdicio” o “residuo” de la explotación de las vieiras, industria que está en crecimiento y de la cual somos el tercer productor a nivel mundial.

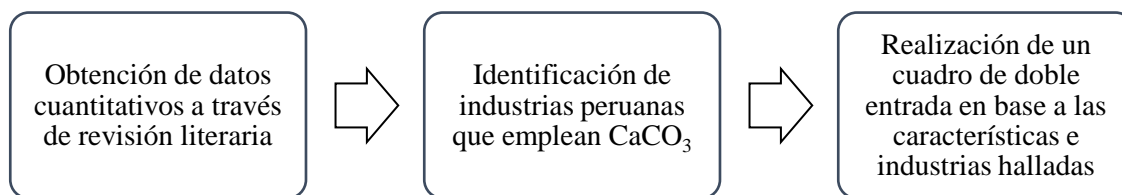
## DISEÑO METODOLÓGICO

Este artículo tiene un enfoque cuantitativo con un diseño metodológico no experimental de tipo transversal descriptivo, debido a que se comparan resultados de investigación de autores y sus observaciones para después analizarlos (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018). Se encuentra dividido en tres etapas de desarrollo.

Primero, se obtuvieron datos cuantitativos de las características que diferencian al carbonato de calcio inorgánico del biogénico a través de una revisión de literatura en revistas indexadas de bases de datos Scopus, Web of Science y en repositorios de institutos peruanos relacionados a la acuicultura.

Segundo, se ubicó en bases de datos como Veritrade y en las bases de datos del Ministerio de Energía y Minas (MINEM) los sectores y las industrias peruanas que exportan, producen y, principalmente, importan  $\text{CaCO}_3$ .

Finalmente, se identificó en qué industrias peruanas sería competente la sustitución del carbonato de calcio inorgánico por el biogénico. Para ello, se realizó un cuadro de doble entrada que muestra las industrias y los criterios establecidos en el primer paso para encontrar la industria en la que resultaría ventajosa la sustitución.



## NOTAS (AGRADECIMIENTOS)

Agradecemos a nuestros familiares, amigos y profesores por todo el apoyo y consejos.

## REFERENCIAS

Acosta-Jofré, M. S., Sahade, R., Mendo, J., González-Ittig, R. E., Laudien, J., & Chiappero, M. B. (2020). Population genetic structure and demographic history of the scallop *Argopecten purpuratus* from Peru and Northern Chile: implications for management and conservation of natural beds. *Hydrobiologia*, 847(1), 11–26. <https://doi.org/10.1007/s10750-019-04048-5>

- Ahmad, N. A., Ali, U. F. M., & Chan, M. F. (2021). Potential health risk assessment of heavy metal content in Perlis soil. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 765(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/765/1/012003>
- Akbar, N. A., Aziz, H. A., & Adlan, M. N. (2021). The characteristics of limestone and anthracite coal as filter media in treating pollutants from groundwater. *International Journal of Environmental Science and Development*, 12(2), 58–62. <https://doi.org/10.18178/IJESD.2021.12.2.1318>
- Alonso, A. A., Álvarez-Salgado, X. A., & Antelo, L. T. (2021). Assessing the impact of bivalve aquaculture on the carbon circular economy. *Journal of Cleaner Production*, 279. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123873>
- Alva Urcia, C. J., & Silvia Patricia, P. (2021). Estudio de la viabilidad técnico-ambiental de la aplicación de pellets basados en valvas de conchas de abanico y exoesqueletos de langostinos como adsorbentes para la remoción de metales pesados en agua [Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, Universidad de Lima]. <https://hdl.handle.net/20.500.12724/14370>
- Ayuningrum, T. V., & Purnaweni, H. (2018). Sustainability Activities in the Mining Sector: Current Status and Challenges Ahead Limestone Mining in Nusakambangan. *E3S Web of Conferences*, 31, 1–5. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183108027>
- Barros, M. C., Bello, P. M., Bao, M., & Torrado, J. J. (2009). From waste to commodity: transforming shells into high purity calcium carbonate. *Journal of Cleaner Production*, 17(3), 400–407. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2008.08.013>
- Dampang, S., Purwanti, E., Destyorini, F., Kurniawan, S. B., Abdullah, S. R. S., & Imron, M. F. (2021). Analysis of Optimum Temperature and Calcination Time in the Production of CaO Using Seashells Waste as CaCO<sub>3</sub> Source. *Journal of Ecological Engineering*, 22(5), 221–228. <https://doi.org/10.12911/22998993/135316>
- Dewi, D. A. A. N., Sugiyanto, F. X., & Iskandar, D. D. (2021). Fisheries waste handling to enhanced fishers society economic growth: blue growth initiative perspective. *Journal of Physics: Conference Series*, 1943(1), 012114. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1943/1/012114>
- EFSA, E. F. S. A. (2011). Scientific Opinion on re-evaluation of calcium carbonate (E 170) as a food additive. *EFSA Journal*, 9(7), 1–73. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.2318>
- Gigante, V., Cinelli, P., Righetti, M. C., Sandroni, M., Tognotti, L., Seggiani, M., & Lazzeri, A. (2020). Evaluation of mussel shells powder as reinforcement for pla-based biocomposites. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(15), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ijms21155364>
- Habte, L., Khan, M. D., Shiferaw, N., Farooq, A., Lee, M. hye, Jung, S. ho, & Ahn, J. W. (2020). Synthesis, characterization and mechanism study of green aragonite crystals from waste biomaterials as calcium supplement. *Sustainability (Switzerland)*, 12(12), 1–10. <https://doi.org/10.3390/su12125062>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta (Primerán.). McGraw-Hill.Hou, Y., Shavandi, A., Carne, A., Bekhit, A. A., Ng, T. B., Cheung, R. C. F., & Bekhit, A. E. din A. (2016).
- Hwidi, R. S., Tengku Izhar, T. N., & Mohd Saad, F. N. (2018). Characterization of Limestone as Raw Material to Hydrated Lime. *E3S Web of Conferences*, 34. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183402042>
- Kluger, L. C., Taylor, M. H., Mendo, J., Tam, J., & Wolff, M. (2016). Carrying capacity simulations as a tool for ecosystem-based management of a scallop aquaculture system. *Ecological Modelling*, 331, 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2015.09.002>
- Kluger, L. C., Taylor, M. H., Wolff, M., Stotz, W., & Mendo, J. (2019). From an open-access fishery to a regulated aquaculture business: the case of the most important Latin American bay scallop (*Argopecten purpuratus*). *Reviews in Aquaculture*, 11(1), 187–203. <https://doi.org/10.1111/raq.12234>

- Konecny, P., Hagi, A., Plevova, E., Vaculikova, L., & Murzyn, T. (2017). Characterization of Limestone from Cement Plant at Berbera (Republic of Somaliland). *Procedia Engineering*, 191, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.05.152>
- Li, C., Liu, X., Liu, B., Ma, B., Liu, F., Liu, G., Shi, Q., & Wang, C. (2018). Draft genome of the Peruvian scallop *Argopecten purpuratus*. *GigaScience*, 7(4), 1–6. <https://doi.org/10.1093/gigascience/giy031>
- Li, H. Y., Tan, Y. Q., Zhang, L., Zhang, Y. X., Song, Y. H., Ye, Y., & Xia, M. S. (2012). Bio-filler from waste shellfish shell: Preparation, characterization, and its effect on the mechanical properties on polypropylene composites. *Journal of Hazardous Materials*, 217–218, 256–262. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.03.028>
- Li, X., Geng, T., Shen, W., Zhang, J., & Zhou, Y. (2021). Quantifying the influencing factors and multi-factor interactions affecting cadmium accumulation in limestone-derived agricultural soil using random forest (RF) approach. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 209. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111773>
- Liu, X., Jing, M., & Bai, Z. (2022). Heavy Metal Concentrations of Soil, Rock, and Coal Gangue in the Geological Profile of a Large Open-Pit Coal Mine in China. *Sustainability (Switzerland)*, 14(2). <https://doi.org/10.3390/su14021020>
- Lu, J., Lu, Z., Li, X., Xu, H., & Li, X. (2015). Recycling of shell wastes into nanosized calcium carbonate powders with different phase compositions. *Journal of Cleaner Production*, 92, 223–229. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.093>
- Mendo, J., & Quevedo, I. (2020). Estudio de prospectiva: la concha de abanico. Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura.
- Mendo, J., Wolff, M., Mendo, T., & Ysla, L. (2016). Scallop Fishery and Culture in Peru. *Developments in Aquaculture and Fisheries Science*, 40, 1089–1109. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-62710-0.00028-6>
- Montesinos, J., Zurita, V., Romero, M., Zárate, M., & Pajuelo, M. (2017). Reporte de Análisis Económico Sectorial - Minería, Año 5 - Número 7. Gerencia de Políticas y Análisis Económico. [http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca\\_osinergmin/estudios\\_economicos/oficina-estudios-economicos](http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/institucional/acerca_osinergmin/estudios_economicos/oficina-estudios-economicos)
- Morris, J., Backeljau, T., & Chapelle, G. (2019). Shells from aquaculture: a valuable biomaterial, not a nuisance waste product. *Reviews in Aquaculture*, 11(1), 42–57. <https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.ulima.edu.pe/10.1111/raq.12225>
- Morris, J. P., Wang, Y., Backeljau, T., & Chapelle, G. (2016). Biomimetic and bio-inspired uses of mollusc shells. *Marine Genomics*, 27(2016), 85–90. <https://doi.org/10.1016/j.margen.2016.04.001>
- Munawaroh, F., Muharrami, L. K., Triwikantoro, T., & Arifin, Z. (2018). Characterization of Limestone in Pamekasan Madura Island as Raw Material for Producing Nano Precipitated Calcium Carbonate (NPCC). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 395(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/395/1/012009>
- Munusamy, Y., Sethupathi, S., & Choon, C. H. (2019). Potential use of waste cockle shell as filler for thermoplastic composite. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 21(5), 1063–1074. <https://doi.org/10.1007/s10163-019-00867-9>
- Nath, S., & Singh, R. (2020). A study of the practices and processes and benefit sharing of limestone mining in the Banour-Shiva Mining Region in Himachal Pradesh, India. *Environmental and Socio-Economic Studies*, 8(1), 36–47. <https://doi.org/10.2478/enviro-2020-0005>
- Nohl, T., Steinbauer, M. J., Sinnesael, M., & Jarochowska, E. (2021). Detecting initial aragonite and calcite variations in limestone–marl alternations. *Sedimentology*, 68(7), 3102–3115. <https://doi.org/10.1111/sed.12885>

- Ramakrishna, C., Thenepalli, T., Han, C., & Ahn, J. W. (2017). Synthesis of aragonite-precipitated calcium carbonate from oyster shell waste via a carbonation process and its applications. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 34(1), 225–230. <https://doi.org/10.1007/s11814-016-0264-6>
- Seesanong, S., Boonchom, B., Chaiseeda, K., & Boonmee, W. (2021). Conversion of Bivalve Shells to Monocalcium and Tricalcium Phosphates: An Approach to Recycle Seafood Wastes. *Materials*, 14, 1–15. <https://doi.org/10.3390/ma14164395>
- Seo, J. H., Park, S. M., Yang, B. J., & Jang, J. G. (2019). Calcined oyster shell powder as an expansive additive in cement mortar. *Materials*, 12(8). <https://doi.org/10.3390/ma12081322>
- Silva, T. H., Mesquita-Guimarães, J., Henriques, B., Silva, F. S., & Fredel, M. C. (2019a). The potential use of oyster shell waste in new value-added by-product. *Resources*, 8(1), 1–15. <https://doi.org/10.3390/resources8010013>
- Wang, Q., Jiang, F., Ouyang, X. K., Yang, L. Y., & Wang, Y. (2021). Adsorption of Pb(II) from aqueous solution by mussel shell-based adsorbent: Preparation, characterization, and adsorption performance. *Materials*, 14(4), 1–17. <https://doi.org/10.3390/ma14040741>

### **ANEXO. Datos del artículo publicado**

- **Nombre del artículo:** Sustitución del Carbonato de Calcio Inorgánico por Carbonato de Calcio Biogénico obtenido de residuos de las Vieiras (*Argopecten purpuratus*) en las Industrias Peruanas
- **Autores:** Darlyn Eliane Del Castillo Luis; Anthony Smith Palomino Achulla
- **Co autor(es):** Rosa Patricia Larios-Francia; Javier Martín Quino Favero

#### **Publicación en revista**

- **Nombre de la revista:** **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**
- **Volumen:** 7
- **Número:** 1
- **Año:** 2023
- **Pp:** 3640-3656
- [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i1.4680](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4680)

## Sustitucion de Carbonato de Calcio Inorganico

---

### INFORME DE ORIGINALIDAD

---

<b>10%</b>	<b>10%</b>	<b>6%</b>	<b>10%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

---

### FUENTES PRIMARIAS

---

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Catolica De Cuenca</b>	<b>7%</b>
	Trabajo del estudiante	
<b>2</b>	<b>ciencialatina.org</b>	<b>1%</b>
	Fuente de Internet	
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad de Lima</b>	<b>1%</b>
	Trabajo del estudiante	

---

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo