

## Análisis de datos de la obtención de ácido láctico a partir de residuos de piña (*Ananas comosus*)

Recibido: 20 de noviembre de 2020. Recibido en revisión: 04 de diciembre de 2020. Aceptado: 17 de marzo de 2021.

DOI:

Margie Alejandra Ripe Gutiérrez<sup>1</sup>; Eileen Xiomara Guerra<sup>1</sup>, Martha Cervantes Díaz<sup>1</sup>

### Resumen:

El aprovechamiento de los residuos biodegradables provenientes del procesamiento de frutas y verduras representa una gran oportunidad de disminuir el impacto ambiental generado por estos. Este es el caso de los residuos de la piña que sirven de materia prima para la obtención de diferentes compuestos incluyendo el ácido láctico, insumo de gran importancia en diferentes industrias. Esta investigación tuvo como objetivo analizar las tendencias de la publicación de artículos relacionados con la obtención de ácido láctico a partir del uso de la piña y sus residuos como sustrato de partida. Se utilizaron 87 artículos obtenidos mediante una ecuación de búsqueda en la base de datos Scopus (Elsevier, B.V., 2021) publicados entre el 2010 y 2020. Aunque no se observa una tendencia definida en la distribución de los documentos por año, se percibe un gran interés en el tema, el 2020 fue el año de mayor actividad científica (15 publicaciones); estos trabajos aplican en diferentes campos del conocimiento donde predomina el campo investigativo de inmunología y microbiología, seguido de ciencia de materiales y en una menor proporción agricultura y ciencias biológicas. Los países con más publicaciones son Malasia y Tailandia con 15 documentos. En cuanto a los microorganismos más estudiados para la obtención del ácido láctico mediante un proceso biotecnológico se identificaron el *Lactobacillus plantarum* y *Escherichia coli*. El aumento en el número de publicaciones muestra un interés en la búsqueda de alternativas ambientales para la valorización de estos residuos agroindustriales para la obtención de compuestos de interés y de aplicación en las áreas farmacéutica, cosmética e industrial, entre otras.

**Palabras:** *Ananas comosus*, piña, biotecnología, *Lactobacillus*, Ácido láctico

**Abstract:** The use of biodegradable waste from the processing of fruits and vegetables represents a great opportunity to reduce the environmental impact generated by them. This is the case of pineapple residues that serve as raw materials for obtaining different compounds including lactic acid, an input of great importance in different industries. The objective of this research was to analyze the trends in the publication of articles related to

---

<sup>1</sup> Facultad de Química Ambiental, Programa de Maestría en Ciencias y Tecnologías Ambientales, Grupo de Investigaciones para el Desarrollo Sostenible, Universidad Santo Tomás, Bucaramanga. martha.cervantes@ustabuca.edu.co, <https://orcid.org/0000-0002-4427-687> margie.ripe@ustabuca.edu.co.

obtaining lactic acid from the use of pineapple and its residues as a starting substrate. 87 articles obtained through a search equation in the Scopus database (Elsevier, BV, 2020) published between 2010 and 2020 were used. Although there is no definite trend in the distribution of documents per year, a large interest in the subject, 2020 was the year of greatest scientific activity (15 publications). These works apply to different fields of knowledge where the research field of immunology and microbiology predominates, followed by materials science and to lesser extent agriculture and biological sciences. The countries with the most publications are Malaysia and Thailand with 15 documents. As for the most studied microorganisms to obtain lactic acid through a biotechnological process, *Lactobacillus plantarum* and *Escherichia coli* were identified. The increase in the number of publications shows an interest in the search for environmental alternatives for the recovery of these agro-industrial waste to obtain compounds of interest and application in the pharmaceutical, cosmetic and industrial areas, among others.

**Keywords:** *Ananas comosus*, pineapple, biotechnology, *Lactobacillus*, lactic acid

### **Introducción.**

La generación de residuos agroindustriales en el mundo representa un desafío ambiental debido a que estos no suelen ser aprovechados y causan un deterioro progresivo del medio ambiente. Los desechos agroindustriales son residuos orgánicos sólidos que se producen durante la cosecha de frutas y la preparación de alimentos para consumo humano y animal; estos incluyen partes no comestibles de las frutas, como la cáscara y las semillas (Kuan y Liong, 2008). La creciente preocupación por el aprovechamiento de estos residuos ha producido interés en la comunidad científica, debido a que pueden utilizarse como materia prima en la industria. Según (Beltrán-Ramírez et al., 2019) estos residuos agroindustriales, brindan un enorme potencial para generar biomateriales, bio-compuestos activos y bioenergía.

La mayoría de estos residuos terminan en vertederos o rellenos sanitarios, provocando un impacto ambiental negativo y una deficiencia en la cadena de producción. En cuanto al Área Metropolitana de Bucaramanga, se producen cerca de 350 Ton/ semana de residuos sólidos en las plazas de mercado de los municipios pertenecientes a la misma; de la cantidad total, casi 220 Ton/semanales (61,9%), se deben a residuos de origen orgánico como cáscaras de piña, maracuyá y naranja, que son depositados en el relleno sanitario El Carrasco; una caracterización del tipo de desecho que se produce en la plaza de mercado de San Francisco, mostró una generación de residuos cercana a las 7 Ton/semana, de las cuales el 25,1% corresponde a cáscaras de piña, seguidas de las de cítricos (9,2%). (Vargas A., 2016).

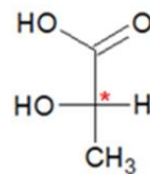
Los residuos sólidos de la piña se consideran materia prima que puede emplearse para la elaboración de diferentes productos, por ejemplo, la cáscara de la piña puede ser una fuente

de fibra, ya que contiene abundante celulosa, hemicelulosa y otros carbohidratos, enzimas (e.g., bromelina), azúcares (e.g., fructosa) y polifenoles, (e.g., el ácido ferúlico) (Aida et al., 2011) (Ketnawa et al., 2012).

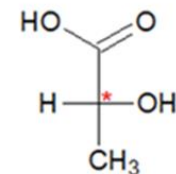
Asimismo, otro de los compuestos que pueden obtenerse a partir de la cáscara de la piña es el ácido láctico (LA, por sus siglas en inglés) como se observa en la Figura 1. Industrialmente puede ser producido de dos formas: por síntesis química o por producción biotecnológica. La principal desventaja de la síntesis química es la obtención de mezclas racémicas de ácido D (-) y L (+) láctico, debido a que la separación de los isómeros es compleja y costosa. Mientras que la obtención de LA por producción biotecnológica, se lleva a cabo con microorganismos cuya principal ventaja es la alta especificidad del producto ya que produce el estereoisómero deseado, L (+) o D (-) LA ópticamente puro. (Torre, 2019).

La importancia de esta investigación, no solo radica en proponer una estrategia que permita disminuir la cantidad de residuos agroindustriales no aprovechados, con el objetivo de evitar vertimientos, al no ser dispuestos directamente a rellenos sanitarios; también se busca valorizar el residuo a través de la obtención de LA mediante la producción biotecnológica, esto es decisivo, debido a que se emplean fuentes renovables que no se tienen en cuenta en la síntesis química, y finalmente se produce ácido láctico puro que posee un potencial uso en la industria.

Figura 1. Estructura de los isómeros del ácido láctico



Isómero L (+)



Isómero D (-)

a)

b)

*Nota.* Isómeros del ácido láctico que pueden obtenerse a partir de la piña *Ananas comosus*. a) Adaptado de *Ananas sp.* [Fotografía], por Salcedo, 2016, Institucional de Documentación Científica Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/1520>) b) Licencia: ACD/ChemSketch Freeware versión 2020.1.1 Fuente: Autor, 2021

El LA tiene gran aplicación en la industria alimentaria, como saborizante, conservante o acidulante, se ha demostrado que posee una alta capacidad para inhibir el crecimiento de patógenos que podrían alterar las características organolépticas de los alimentos. En el caso

de la industria cosmética se usa como humectante y regulador del pH y como electrolito en sueros intravenosos. En la industria de los plásticos biodegradables constituye materia prima para la síntesis del ácido poli L – láctico (APL). (Araya, 2010; Tejeda et al, 2010; Tenea et al., 2020; Vijayakumar et al., 2008).

La creciente conciencia ambiental en la sociedad ha impulsado a las empresas a emplear plásticos biodegradables como los de APL en sus empaques y envases. Esta situación incide en la demanda de grandes cantidades de LA. El consumo de este producto fue 1.200 kTon en 2016, proyectando un crecimiento anual de 16,2 % hasta 2025, lo que representa aproximadamente 9,8 billones de dólares americanos en el mercado mundial. En la actualidad, el LA posee un precio entre 1,3 \$/kg a 2,3 \$/kg y su porcentaje de pureza comercial es del 88%. (Biddu et al., 2016; Oliveira et al., 2018).

Considerando lo anteriormente expuesto, se puede concluir que el ácido láctico es un compuesto de interés científico desde hace mucho tiempo, la investigación orientada para su obtención abarca el estudio de diferentes sustratos, metodologías de obtención, separación y cuantificación, como también sus potenciales usos. Su obtención a partir del aprovechamiento de residuos agroindustriales permite el acceso a una gran variedad de biomasa lo que brinda muchas alternativas ambientalmente sostenibles, ya que favorece además el entorno económico social de los cultivadores, especialmente los de piña en el Departamento de Santander, en este caso.

En el año 2018, el departamento de Santander generó el 43% de la producción de piña en el país con 455.701 Ton/ año. Los municipios de este departamento, con mayor producción fueron Lebrija con 267.250 Ton (59%), Rionegro 71.005 Ton (16%), Girón 47.263 Ton (10%) y los otros municipios con una producción de 69.469 Ton (15%). (Gonzales, 2019, Romero, 2019). Teniendo en cuenta que en los cultivos de piña los residuos no aprovechables (hojas, tallos, raíces) generan entre 200 y 250 Ton/ hectárea cosechada, hace que estos sean una biomasa disponible para la obtención de coproductos de interés. (Soto, 2016).

### **Metodología.**

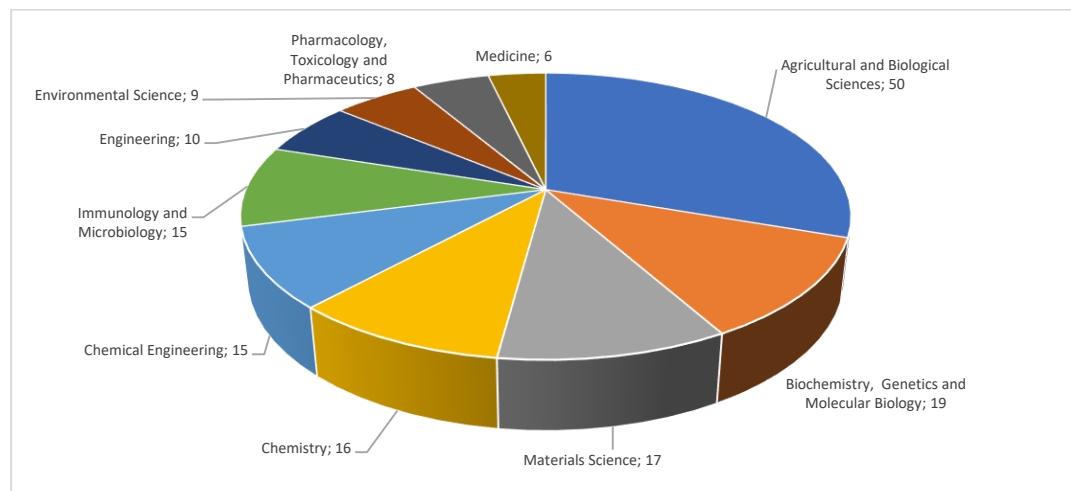
Se realizó una revisión bibliográfica de artículos científicos indexados en la base de datos Scopus (Elsevier, B. V., 2021), con el fin de definir las tendencias en investigación, en la obtención del ácido láctico a partir de la piña y sus residuos e identificar los principales microorganismos. Se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda (TITLE-ABS-KEY ("lactic acid") AND TITLE-ABS-KEY ( pineapple OR "Ananas comosus" ) ) AND DOCTYPE ( ar ) AND PUBYEAR > 1999. se empleó el programa especializado para minería de texto *VantagePoint* (*Search Technology*, Versión académica 12.0).

## Análisis y discusión de resultados.

De acuerdo con la ecuación de búsqueda planteada se obtuvieron 87 artículos indexados en la base de datos de Scopus, los cuales referencian estudios para la obtención de ácido láctico a partir de la piña, estos trabajos aplican en diferentes campos del conocimiento (Figura 2), como es el caso de la agricultura y ciencias biológicas que presenta 50 documentos relacionados con investigación en alimentos. Un ejemplo de estas publicaciones es la desarrollada por (Nguyen et al., 2019, p. 1), en la cual se estudió la fermentación del jugo de piña, utilizando cepas de bacterias del ácido láctico (*Lactobacillus* y *Bifidobacterium*), se determinaron también los cambios en la estabilidad en las bebidas durante el almacenamiento.

En los campos de bioquímica, genética y biología molecular y ciencia de los materiales, se encontraron (19) y (17) artículos registrados respectivamente, las aplicaciones en estos campos están relacionadas con biotecnología, microbiología, farmacia y producción de biopolímeros. El siguiente campo de conocimiento con mayor relevancia en cuanto a la cantidad de artículos publicados es la química con (16) artículos; en la investigación de (Díaz-Vela et al., 2015, p. 2636) se evaluó el potencial que posee la cáscara de frutas como el nopal y la piña, como ingredientes funcionales, fuente de fibra, textura y probióticos, en productos cárnicos cocidos. Uno de los resultados relevantes fue la mejora en el desarrollo de las bacterias de ácido láctico en los productos cárnicos durante su almacenamiento.

Figura 2. Distribución del interés de la obtención de ácido láctico a partir de la piña

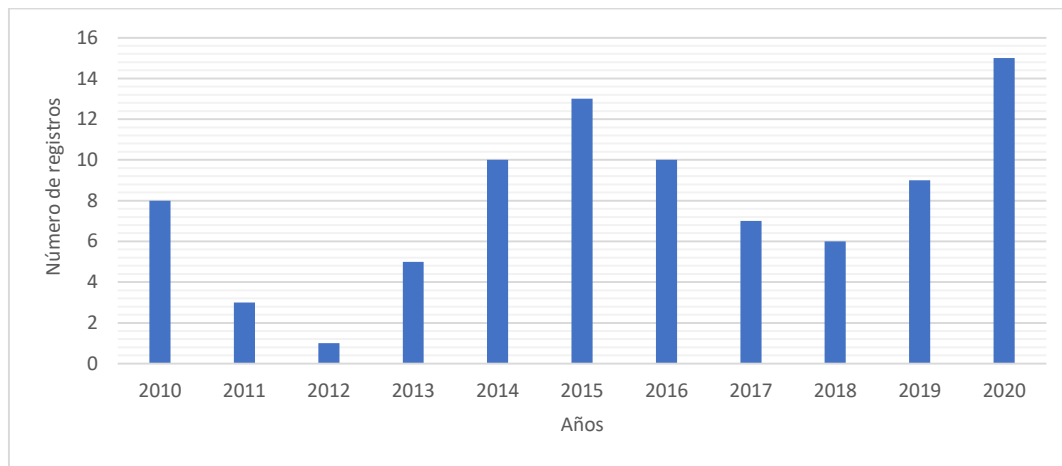


Nota. Fuente: Unidad de Bibliometría- CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga. Cálculos basados en información de la base de datos Elsevier (Scopus B.V., 2021), procesados con VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

En la Figura 3 se presenta la dinámica científica, la cual se mide por el número de artículos publicados por año. En este caso, se definió el periodo de revisión entre el 2010 y

el 2020. En el año 2012 solo se registró una publicación, relacionada con el uso de técnicas instrumentales para la caracterización de compuestos volátiles en panes de piña (Ying et al., 2012, p. 13802). Para el año 2015, la cantidad de registros aumentó a 12, observándose una tendencia en el estudio de esta fruta en el campo de la agricultura y ciencias biológicas. Finalmente, el año de mayor actividad fue el 2020 con 15 publicaciones; estos trabajos aplican en diferentes campos del conocimiento donde predomina el campo investigativo de inmunología y microbiología, seguido de ciencia de materiales y en una menor proporción agricultura y ciencias biológicas.

Figura 3. *Dinámica científica obtención de ácido láctico a partir de la piña*



Nota. Fuente: Unidad de Bibliometría- CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga. Cálculos basados en información de la base de datos Elsevier (Scopus B.V., 2021), procesados con VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

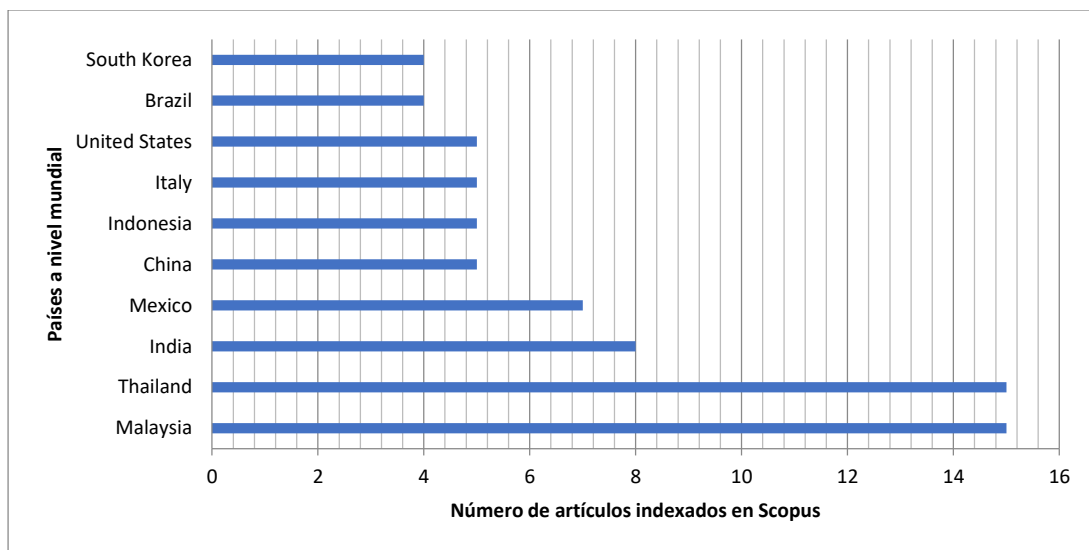
En cuanto a la distribución por países (Figura 4), se destacan Tailandia con 15 publicaciones relacionadas con el aprovechamiento de los desechos de la piña en diferentes campos del conocimiento como agricultura y ciencias biológicas, ingeniería química y ciencia de los materiales, esto puede relacionarse con que este país se encuentra entre los principales países a nivel mundial, ocupando el puesto número 4 en producción de esta fruta según la FAO. (*Food and Agriculture Organization (FAO), 2017*). Por otro lado, Malasia, aunque ocupa la posición 18, también presenta 15 publicaciones, esto puede relacionarse con que este país ha sido clasificado como uno de los principales productores de piña a nivel mundial hasta el año 2000, y aunque su producción ha disminuido sigue haciendo parte de los 20 mayores productores en la actualidad (Pariona, 2018).

A nivel de Latinoamérica, sobresalen México y Brasil con 7 y 4 publicaciones respectivamente. En el caso de México es considerado un productor pequeño de piña a nivel mundial, sin embargo, es el segundo mayor proveedor de esta fruta a los Estados Unidos de América (*Food and Agriculture Organization (FAO), 2019*). Las publicaciones se relacionan con procesos biotecnológicos de fermentación de diferentes partes de la fruta. Por su parte, los trabajos de Brasil se relacionan con el aprovechamiento de residuos de la piña en el campo

de los biopolímeros y alimentos; este país ocupa el tercer puesto a nivel mundial en cuanto a la producción de piña, la cual es destinada principalmente para el consumo interno (*Food and Agriculture Organization* (FAO), 2018)

En el caso de Colombia, solo aparece un artículo indexado en la base de datos, de acuerdo con la ecuación de búsqueda empleada. En este trabajo se emplearon los desechos de piña de la variedad oro miel y los subproductos de Sacha inchi, se caracterizaron en su forma elemental, física y química con el fin de formular un sustrato de fermentación suplementado (SFS) para el crecimiento *Weissella cibaria* y hubo una producción de biomasa de 2,93 g/L y una viabilidad de 9,88 log CFU/mL (Micanquer-Carlosama et al., 2020).

**Figura 4** Distribución por países de artículos relacionados con la obtención de ácido láctico a partir de la piña



*Nota.* Fuente: Unidad de Bibliometría- CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga. Cálculos basados en información de la base de datos Elsevier (Scopus B.V., 2021), procesados con VantagePoint (*Search Technology*, versión académica 12.0).

Se realizó también el análisis de co-ocurrencia de las palabras clave, el cual se incluye dentro de los indicadores relacionales que permiten identificar tendencias en la temática de interés, en este caso, el estudio del ácido láctico. Para la visualización de la relación entre los términos empleados por los autores, se empleó el programa gratuito Vosviewer (2021, *Centre for Science and Technology Studies, Leiden University, The Netherlands*, versión 1.6.15).

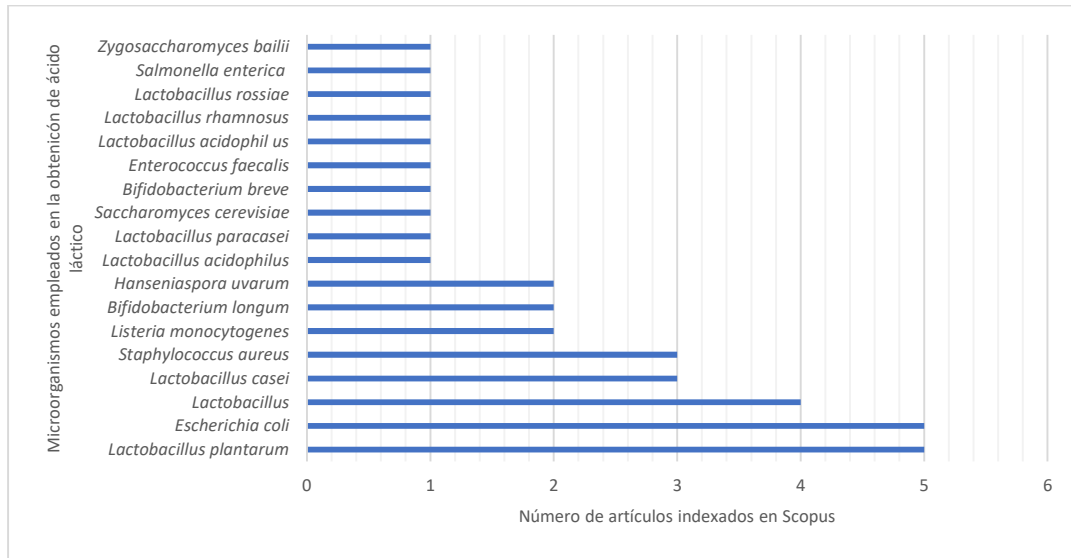
En la figura 5 se observa la relación que presentan las palabras clave asociadas con la obtención del ácido láctico a partir de la piña y sus residuos. Un grupo grande de estas palabras describen procesos fermentativos y biotecnológicos, en los cuales se emplean microorganismos tipo probióticos. Otro clúster de palabras está asociado con la aplicación







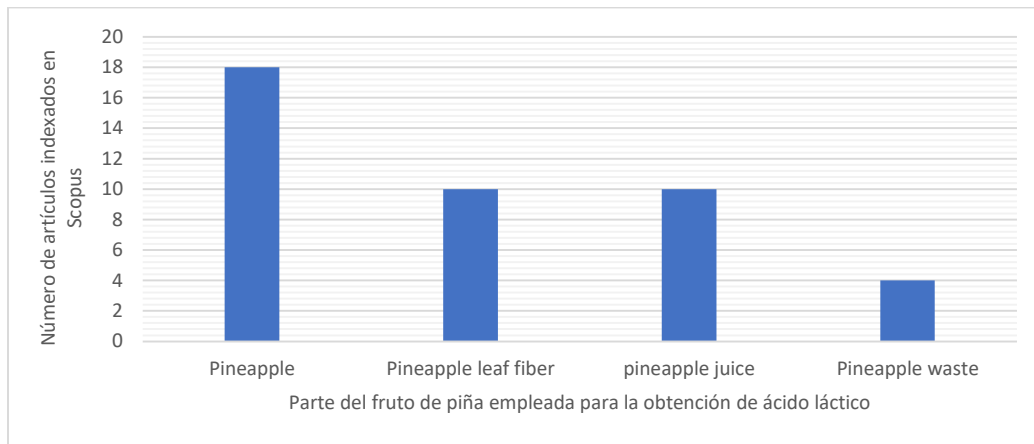
Figura 6. *Microorganismos empleados para la obtención de ácido láctico.*



Nota. Fuente: Unidad de Bibliometría- CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga. Cálculos basados en información de la base de datos Elsevier (Scopus B.V., 2021), procesados con VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

Para la obtención del ácido láctico los autores reportaron el uso de la fruta de piña (18), también las hojas de la planta (10), el jugo de esta fruta (10) y los residuos de piña (4), como se aprecia en la Figura 7. La obtención de LA a partir de desechos de piña, llevó al avance de investigaciones utilizando diferentes partes de la fruta. Un ejemplo de esto es la investigación desarrollada por (Escobar-Ramírez et al., 2020) donde se empleó la bebida fermentada de la piña para aislar bacterias lácticas con potencial probiótico. Igualmente, los desechos de cáscara de piña fueron empleados en el estudio de (Ngouénam et al., 2021) para obtener ácido láctico utilizando cepas de *Lactobacillus* sp aislada de residuos de frutas tropicales (plátano, papaya, piña y naranja), mediante fermentación y se obtuvo una concentración máxima de ácido láctico a partir de la piña de 26,29 g/L. En otra investigación, se evaluó el potencial de un desecho agroindustrial de piña para la producción de ácido láctico por fermentación, utilizando *Lactobacillus casei* subespecie *rhamnosus*, en esta investigación se obtuvo una concentración máxima de ácido láctico de 75 g/L, debido al consumo total de los azúcares presentes en el medio hidrolizado (Araya et al., 2010).

Figura 7. Partes de la fruta de piña empleadas para la obtención de ácido láctico.



Nota. Fuente: Unidad de Bibliometría- CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga. Cálculos basados en información de la base de datos Elsevier (Scopus B.V., 2021), procesados con VantagePoint (Search Technology, versión académica 12.0).

### Conclusiones.

El interés por el estudio del aprovechamiento de la piña y sus residuos para la obtención no tiene una tendencia definida, sin embargo, se puede apreciar un aumento en el número de publicaciones asociadas con este tema, especialmente en Malasia y Tailandia, países catalogados también como los mayores productores de piña. Se identificó también que los investigadores orientan los métodos de obtención aplicando procesos biotecnológicos en los cuales introducen diversos microorganismos buscando condiciones óptimas de producción. Considerando lo anterior, se identificaron cerca de 18 microorganismos que han sido evaluados para la obtención de ácido láctico a partir de residuos de piña. Los más empleados corresponden al género *Lactobacillus*. Sin embargo, también se encontraron microorganismos como la *Escherichia coli*, la cual en el campo biotecnológico es una enterobacteria empleada por la velocidad de crecimiento y pocas necesidades nutricionales, entre otras ventajas que presenta. Este tipo de investigaciones buscan no solo el desarrollo de tecnologías de aprovechamiento, sino que sean ambientalmente amigables, de manera que se reduzca el impacto ambiental ocasionado por la disposición final de este tipo de residuos biodegradables. También se considera el impacto socio económico para los productores de piña, pues estos procesos de valorización permitirían la generación de nuevos ingresos para este sector.

### Agradecimientos

Los autores agradecen a la Unidad de Bibliometría- CRAI Biblioteca Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga.

## Referencias

1. Aida, H. I., Mahanom, H., & Norhartini, A. S. (2011). Dietary fibre powder from pineapple by-product as a potential functional food ingredient. *Acta Horticulturae*, 902, 565-568. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2011.902.75>
2. Araya-Cloutier, C., Rojas-Garbanzo, C., & Velázquez-Carillo, C. (2010). Síntesis de ácido láctico, a través de la hidrólisis enzimática simultánea a la fermentación de un medio a base de un desecho de piña (*Ananas comosus*), para su uso como materia prima en la elaboración de ácido poliláctico. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(7), 407-416.
3. Beltrán-Ramírez, F., Orona-Tamayo, D., Cornejo-Corona, I., Luz Nicacio González-Cervantes, J., de Jesús Esparza-Claudio, J., y Quintana-Rodríguez, E. (2019). Agro-Industrial Waste Revalorization: The Growing Biorefinery. In *Biomass for Bioenergy - Recent Trends and Future Challenges*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.83569>
4. Bidy, Mary J., Scarlata, Christopher, & Kinchin, Christopher. (2016). *Chemicals from Biomass: A Market Assessment of Bioproducts with Near-Term Potential*. United States. <https://doi.org/10.2172/1244312>
5. Díaz-Vela, J., Totosaus, A., & Pérez-Chabela, M. L. (2015). Integration of Agroindustrial Co-Products as Functional Food Ingredients: Cactus Pear (*Opuntia ficus indica*) Flour and Pineapple (*Ananas comosus*) Peel Flour as Fiber Source in Cooked Sausages Inoculated with Lactic Acid Bacteria. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 2630-2638. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12513>
6. Escobar-Ramírez, M. C., Jaimez-Ordaz, J., Escorza-Iglesias, V. A., Rodríguez-Serrano, G. M., Contreras-López, E., Ramírez-Godínez, J., Castañeda-Ovando, A., Morales-Estrada, A. I., Felix-Reyes, N., & González-Olivares, L. G. (2020). *Lactobacillus pentosus* ABHEAU-05: An in vitro digestion resistant lactic acid bacterium isolated from a traditional fermented Mexican beverage. *Revista Argentina de microbiología*, 52(4), 305–314. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.10.005>
7. Food and Agriculture Organization (FAO). (2017). *Perspectivas mundiales de las principales frutas tropicales*. [http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM\\_MARKETS\\_MONITORING/Tropical\\_Fruits/Documents/Tropical\\_Fruits\\_Spanish2017.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/est/COMM_MARKETS_MONITORING/Tropical_Fruits/Documents/Tropical_Fruits_Spanish2017.pdf)
8. Food and Agriculture Organization (FAO). (2018). *Las principales frutas tropicales. Análisis de mercado*. <http://www.fao.org/3/ca5692es/CA5692ES.pdf>

9. Food and Agriculture Organization (FAO). (2019). *Análisis del mercado de las principales frutas tropicales*. <http://www.fao.org/3/cb0834es/cb0834es.pdf>
10. Gonzales, X. (14 de agosto de 2019). Agronegocios. Obtenido de <https://www.agronegocios.co/agricultura/la-produccion-de-pina-en-colombia-llegaria-a-118-millones-de-toneladas-al-finalizar-el-ano-2895397>
11. Ketnawa, S., Chaiwut, P. y Rawdkuen, S. (2012). Residuos de piña: una fuente potencial de extracción de bromelina. *Procesamiento de alimentos y bioproductos*, 90, 385-391. doi: 10.1016 / j.fbp.2011.12.006
12. Kuan, Y. H., & Liong, M. T. (2008). Chemical and physicochemical characterization of agrowaste fibrous materials and residues. *Journal of agricultural and food chemistry*, 56(19), 9252–9257. <https://doi.org/10.1021/jf802011j>
13. Micanquer-Carlosama, A., Cortés-Rodríguez, M., & Serna-Cock, L. (2020). Formulation of a fermentation substrate from pineapple and sacha inchi wastes to grow *Weissella cibaria*. *Heliyon*, 6(4), e03790. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03790>
14. Ngowénam, J., Kenfack, C., Kouam, M., Kaktchman, P., Maharjan, R., Ngoufack, F. (2021) Lactic acid production ability of *Lactobacillus* sp. From four tropical fruits using their by-products as carbon source. *Heliyon*, 7 (5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07079>
15. Nguyen, B. T., Bujna, E., Fekete, N., Tran, A. T. M., Rezessy-Szabo, J. M., Prasad, R., & Nguyen, Q. D. (2019). Probiotic Beverage From Pineapple Juice Fermented With *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* Strains. *Frontiers in Nutrition*, 6, 1. <https://doi.org/10.3389/fnut.2019.00054>
16. Oliveira, R., Komesu, A., Rossell, C.E., & Filho, R.M. (2018). Challenges and opportunities in lactic acid bioprocess design—From economic to production aspects. *Biochemical Engineering Journal*, 133, 219-239.
17. Pariona, A. (2018, 19 abril). *Top Pineapple Producing Countries*. WorldAtlas. <https://www.worldatlas.com/articles/top-pineapple-producing-countries.html>
18. Romero, M. (2019). Plan de negocios de exportación de piña hacia Estados Unidos. Bogotá: Fundación Universitaria de América.
19. Salcedo, J. M. (2016). *Piña (Ananas sp)* [Fotografía]. Repositorio Institucional de Documentación Científica Instituto de Investigación de Recursos Biológicos

Alexander von Humboldt.

<http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/1520>

20. Vargas, A. (2016). *Estudio Técnico para la Valorización de Residuos Sólidos Orgánicos Vegetales provenientes de la Plaza de Mercado San Francisco de Bucaramanga*. . Bucaramanga: Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga.
21. Torre Pascual, I. (2019). Producción biotecnológica de ácido D-Láctico a partir de residuos de naranja. *Universidad Complutense de Madrid*, 1 - 219.
22. Tenea, G. N., Olmedo, D., & Ortega, C. (2020). Peptide-Based Formulation from Lactic Acid Bacteria Impairs the Pathogen Growth in Ananas Comosus (Pineapple). *Coatings*, 10(5), 457. <https://doi.org/10.3390/coatings10050457>
23. Vijayakumar, J., Aravindan, R. y Viruthagiri, T. (2008). Recent trends in the production, purification and application of lactic acid. *Chemical and Biochemical Engineering Quarterly*, 22(2), 245-264
24. Ying, S., Lasekan, O., Naidu, K., & Lasekan, S. (2012). Headspace Solid-Phase Microextraction Gas Chromatography-Mass Spectrometry and Gas Chromatography-Olfactometry Analysis of Volatile Compounds in Pineapple Breads. *Molecules*, 17(12), 13795-13812. <https://doi.org/10.3390/molecules171213795>