

Artículo de revisión / Article review

Importancia de los dispositivos usados en la fermentación de Cacao (*Theobroma cacao* L.)

Importance of the devices used in the Cacao fermentation (*Theobroma cacao* L.)

Rios-Jara, Jonathan  0000-0002-8407-0297¹; Lévano-Rodríguez, Danny  0000-0002-1783-1105¹

¹Universidad Peruana Unión, Perú

✉ jonathanrios@upeu.edu.pe

Recibido: 17/11/2021;

Aceptado: 18/12/2021;

Publicado: 20/01/2022

Resumen: Lograr las mejores características organolépticas en el grano de cacao resultante, implica un adecuado tratamiento, mejores prácticas aplicadas y la incorporación de un tipo de fermentador que garantice el éxito del proceso. En esta investigación realizamos una exhaustiva revisión bibliográfica de las mejores prácticas para la construcción y uso de prototipos de fermentación en artículos publicados por países que tienen por excelencia la obtención de granos de calidad. Presentamos de manera organizada los resultados de dispositivos o prototipos fermentadores que han sido utilizados para mejorar los resultados del proceso de fermentación, publicados en revistas científicas indexadas en Latindex, Scielo y de preferencia Scopus, con un alto factor de impacto. Encontramos tres tipos de fermentador, con diferentes características, inversión para su implementación y distintos resultados en la obtención de la calidad organoléptica del cacao. Identificamos que el dispositivo con mejores resultados es el de tambor giratorio ya que se adecúa a las características del proceso de fermentación que se realiza en la Región San Martín, Perú.

Palabras clave: cacao; chocolate; dispositivos; fermentación; mecatrónicos; organolépticas

Abstract: Achieving the best organoleptic characteristics in the resulting cocoa bean implies an adequate treatment, best practices applied and the incorporation of a type of fermenter that guarantees the success of the process. In this research, we carried out an exhaustive bibliographic review of the best practices for the construction and use of fermentation prototypes in articles published by countries that have quality grains par excellence. We present in an organized way the results of fermenting devices or prototypes that used to improve the results of the fermentation process, published in scientific journals indexed in Latindex, Scielo and preferably Scopus, with a high impact factor. We found three types of fermenter, with different characteristics, investment for their implementation and different results in obtaining the organoleptic quality of cocoa. We identified that the device with the best results is the one with a rotating drum, since it is adapted to the characteristics of the fermentation process carried out in the San Martín Region, Peru.

Keywords: cocoa; chocolate; devices; fermentation; mechatronics; organoleptic

Cómo citar / Citation: Rios-Jara, J. & Lévano-Rodríguez, D. (2022). Importancia de los dispositivos usados en la fermentación de Cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista agrotecnológica amazónica*, 2(1), e281. <https://doi.org/10.51252/raa.v2i1.281>

I. Introducción

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es un cultivo ampliamente difundido en la región amazónica tropical de Colombia, Ecuador, Perú y Brasil según Toapanta Ramos et al. (2019). Es una de las especies que se considera la más explotada comercialmente y uno de los productos agrícolas de mayor importancia económica, tanto a nivel local, nacional y mundial (Aracely Vera Loor et al., 2018).

La calidad del sabor del cacao se desarrolla además a partir de la fermentación, secado y buenas prácticas agroindustriales aplicadas como expresan Peláez et al.(2016). Sin embargo, las practicas mal realizadas en el proceso de fermentación de cacao por lo general bajan la calidad y dan paso a enfermedades como señalan Marcillo Plaza et al. (2019). Por ende, son actividades determinantes para la obtención final de un sabor refinado del cacao como mencionan Ortiz S. et al. (2019), en donde se desarrollan los precursores del sabor y el aroma que son característicos del chocolate según afirman Cardona Velásquez et al. (2016a). En la práctica los métodos que se utilizan para la fermentación, respecto al tiempo al cual se realiza, frecuencia de remoción, secado y las condiciones ambientales atmosféricas de la ubicación geográfica según Moreno-Martínez et al. (2019), varían entre países, regiones y entre los agricultores del mismo sector, los cuales son determinantes para la calidad y a la par condicionan el precio por el mismo como expresan Vázquez-Ovando et al. (2016).

Las investigaciones realizadas en los procesos en la cual se ha visualizado la transformación del cacao son diversas y todas tienen la finalidad de mejorar el proceso de fermentación del cacao en sus atributos sensoriales, para así poder facilitar los procesos de transformación dentro de los sistemas de producción industrial, artesanal e incluso en lo gastronómico de acuerdo a Brunetto et al. (2020). Una forma de lograr la optimización de los sistemas de fermentación es el uso de prototipos de fermentadores de diversos materiales, formas e implementación del uso tecnológico, sobre las características fisicoquímicas que se presentan después de la fermentación y teniendo de respaldo la evaluación sensorial como lo menciona El Salous (2019).

De acuerdo a la revisión realizada con respecto al tipo de fermentador adecuado para aprovechar de manera máxima los precursores organolépticos del cacao como expresan Vázquez-Ovando et al. (2016), se han estudiado tipos de fermentadores tales como de acero inoxidable, de forma cilíndrica, caja cuadrada tradicional, realizada en madera y tambor giratorio de madera, en donde se pudo visualizar diferentes resultados entre estos tipos de fermentadores, todo esto en beneficio para asegurar la obtención benéfica eficaz organoléptica del cacao (Hernández-Hernández et al., 2016).

Como beneficio para el proceso de fermentación con el prototipo de fermentador de acero inoxidable, los valores adquiridos con este tipo de fermentador, monitoreado con sistemas de sensores, un software sistematizado y un diseño adecuado (Amorim Homem de Abreu Loureiro et al., 2017), se obtuvo mejoras en las condiciones que influyen directamente en la calidad de los granos, como por ejemplo lograr la uniformidad de la temperatura con una adecuada remoción y por consecuencia una buena ventilación de los granos según Mejía Córdoba (2018).

De manera que, para el fermentador tradicional de madera en forma cuadrada, se vieron desventajas tales como: falta de uniformidad de temperatura durante el proceso, dificultad para

realizar la frecuencia de remoción del grano y la fácil contaminación de las cajas (crecimiento de microorganismos inadecuados contaminantes) (Toapanta Ramos et al., 2019).

Los procesos agroindustriales que permiten asegurar buena calidad del sabor de cacao en el Perú y sobre todo en la región San Martín, que es una región exportadora por excelencia según las estadísticas (DEVIDA, 2018), se caracterizan porque los procesos de fermentación son los que representan mayor problema para obtener la calidad organoléptica sensorial adecuada, y la deficiente adecuación tecnológica que se existe al realizar el proceso (García González, 2019).

Según la revisión realizada de los dispositivos fermentadores en cuanto a tipos, características, forma y capacidad, el que mejor se adecua a la deficiente tecnificación agroindustrial en la Región San Martín, es el fermentador de tipo tambor giratorio, metálico de acero inoxidable, que incorpora un diseño de aspas que le permite realizar movimientos peristálticos, simulando el movimiento de un estómago a fin de garantizar homogeneidad en la distribución de la materia prima y alta calidad de las características organolépticas resultantes. Además, este incluye la incorporación de tecnología emergente como sensores de medición como pH, humedad y temperatura que unidos a un software de captura y procesamiento de datos dispara alertas o mecanismos de regulación y control para realizar el movimiento indicado.

En esta investigación se ha realizado una revisión bibliográfica exhaustiva de las mejores prácticas para la construcción y uso de prototipos de fermentación, que han sido realizadas en países que tienen una alta calidad organoléptica del sabor del cacao y así poder llegar a los estándares adecuados asegurando el éxito del proceso, de manera que logren ser más competitivos en el mercado.

2. Materiales y métodos

Lo que se realizó en primer lugar en la investigación, fue el estudio de los aspectos que los prototipos influyen en la obtención de un cacao de calidad, en el proceso de fermentación de la producción agrícola del cacao, de manera que comprendió principalmente la revisión de fuentes secundarias, publicaciones de revistas agrícolas e investigaciones del sector productivo del cacao.

En segundo lugar, se han revisado artículos originales de investigaciones ejecutadas en países donde la competitividad del sector cacaotero los ubica como referentes a nivel mundial. De manera parcial, se revisaron diversas tecnologías incorporadas en sus procesos, tales como sensores, prototipos mecatrónicos y software para la captura y procesamiento de datos.

Los artículos que han sido tomados para esta investigación comprenden entre los años 2016 y 2019. Para la búsqueda de la literatura para la elaboración se realizó sobre el tipo básico de información según Vera Carrasco (2009), El medio de búsqueda fue el motor de Google Académico asegurándonos que los artículos están publicados en revistas indexadas mínimamente en Doaj, Latindex Catálogo, Scielo, WoS, IEEE, de preferencia Scopus. Además, nos hemos asegurado de que tengan un alto factor de impacto, el mismo que se verifica por la posición de búsqueda, así como la cantidad de citas realizadas a dichos documentos de acuerdo a Slafer (2009) según lo menciona en su investigación.

Para tener en cuenta todo lo ya mencionado y establecido, se obtuvo un total de 46 artículos, donde los cuales comprenden de manera local como extranjera.

Se especificarán las características fundamentales de las bibliografías consultadas tales como periodo histórico abarcado, fuentes, localidades geográficas, criterios de selección, entre otros aspectos que se consideren necesarios. Se debe redactar en tercera persona y en tiempo pasado.

3. Resultados y discusión

La fermentación del grano de cacao es una etapa del proceso agroindustrial muy importante en el que, mediante la intervención de levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias acéticas, se desencadena una serie de reacciones bioquímicas que dan como resultado los compuestos llamados “precursores del aroma y sabor” (Díaz & Hernández, 2020). Un cacao con un proceso de fermentación deficiente posee características de sabor desagradables, como astringencia, y una acidez elevada, afectando directamente la calidad eficiente sensorial del grano (Brunetto et al., 2020).

Los factores que influyen sobre el proceso de fermentación son el tipo de cacao, las condiciones ambientales, el almacenamiento de la mazorca, así como el sistema empleado, el volumen de la masa, el volteo durante el proceso y como más resaltante el tipo de fermentador la cual se va a adecuar para el proceso según Hernández-Hernández et al. (2016), que tenga las características adecuadas y pueda ayudar a asegurar la calidad organoléptica del cacao tal como afirman Ramírez et al. (2019), dentro de estos tipos de fermentadores tenemos: Fermentador de madera forma cuadrada, fermentador de acero, fermentación tambor giratorio.

Características de Prototipos de fermentadores

Fermentador caja de madera: Dentro de la fermentación en cajones de madera que son muy usados en Perú y Ecuador según Atanacio-Andrade et al. (2019) se tiene dos tipos: fermentación en cajones de madera a un mismo nivel y fermentación en cajones de madera tipo escalera. Los cajones han sido realizados a base de tablones de maderas finas, resistentes a la humedad, tales como: el cedro o nogal, y otras de tipo blando según Soto Bohorquez et al. (2018), que carecen de resinas y no desprende sustancias un tanto extrañas que interfieran en la calidad del grano. Las dimensiones para este tipo de fermentadores varían entre las cantidades cuales se desean fermentar según lo mencionan Hernández-Hernández et al. (2016) en su investigación realizada, para 100 kg de cacao las dimensiones fueron 50 cm x 50 cm x 50 cm, para 300 kg fueron 75 kg x 75 kg x 75 kg, en el fondo de las cajas se tuvieron ranuras no menores de 0.5 cm, ni mayores de 1 cm, la separación del suelo unos 20 cm y el grosor de la madera debe ser de 2 cm, para poder cubrir los cajones se utilizaron hojas de plátano, sacos de yute, o una lámina de polietileno negro, además de la cubierta que tiene el propio cajón, todo esto con el fin de evitar pérdidas de temperatura. Los cajones de madera tipo escalera están formados por una o varias series de tres cajones, son colocados en diferentes niveles como si se estuviera formando una escalera.

Existen principales motivos por el cual los productores de cacao suelen usar cajas de madera y no la de otro material, se debe a que en el proceso de fermentación se genera la elevación de la temperatura según Garcia Gonzalez (2019) en base a su investigación, por la cual, si se utiliza otro material como aluminio o plástico, en la noche se enfría provocando un gradiente de temperatura muy elevado que perjudica la fermentación del cacao, la ventaja que tiene, es que puede fermentar cualquier volumen y ocasiona costos bajos. Un aspecto relevante

e importante a tener en cuenta cuando se trabaja con este tipo de fermentadores, es el lugar o espacio en la cual se ubicarán los cajones, estos se deben colocar en sitios cubiertos para así poder mantener la temperatura constante y se pueda mantener una fermentación completa según Cardona Velásquez et al. (2016b).

Actualmente la fermentación del cacao en este tipo de fermentador, es uno de los más utilizados y el que mejores resultados en cuanto a la calidad del grano ha generado; la mayoría de estudios e investigaciones se han realizado con este tipo de fermentador.

Fermentador tambor giratorio: Los fermentadores de tambor giratorio son construidos a base de madera finas, que se han resistentes a la humedad tales como: laurel, melina y otras de tipo blando según Quevedo et al. (2018), que carecen de resinas y no desprende sustancias un tanto extrañas que interfieran en la calidad del grano.

Para las dimensiones de este tipo, se recomienda 250 kg máximo, para facilitar la operación y además es equivalente a una hectárea de cacao, o también puede ser equivalente a la cantidad que se desea fermentar, el tipo de fermentador de tambor giratorio consta de un cilindro de 1.0 m de largo por 75 cm de diámetro, equipado de una tapa y dos paredes laterales. Es en base a listones de madera de 7 cm de ancho y 3 cm de espesor. El cuerpo del tambor debe reforzarse con cintas para evitar que ocurra una deformación. La tapa del fermentador debe tener un tamaño de 35 cm de ancho como mínimo según Hernández-Hernández et al. (2016), el tambor tiene un diámetro de 75 cm y 4,5 de espesor, en el centro del fermentador tiene un orificio, en donde encaja la balinera que permite la rotación del eje.

La manivela se utiliza para darles vueltas al eje y su ubicación es en los extremos, la longitud es de 1.20 m y debe ser resistente a la fuerza aplicada por el operario. El freno del tambor es un pasador de hierro que permite que el tambor pueda mantenerse estático o quieto, para que el operario pueda cargarlo y descargarlo. Este tipo de fermentador contiene una base, que consta de pilares o columnas de madera o cemento con la capacidad suficiente para soportar 250 kg.

Uno de los aspectos importantes dentro del proceso de fermentación es el alza de la temperatura y que la masa pueda tener una correcta aireación, por otro lado en la zona central de la masa no se consigue un 100% de fermentación de los granos de cacao, siempre suelen existir un grupo de granos que no obtienen una buena fermentación, es por ello para evitar todo esto, se han ideado los tambores giratorios para la fermentación del cacao y de tal manera que los granos puedan obtener buena aireación en el proceso según lo afirman Ruiz Reyes et al. (2016).

En base a la revisión que sea realizado según Córdova et al. (2019) en Machala Ecuador, afirma que existe resultados que, con la incorporación de este dispositivo de fermentación, se visualiza un incremento del 14% de granos bien fermentados; además se pueden obtener granos con mayor volumen, mejor color, olor y textura a comparación de los granos fermentados en cajón.

Sin embargo, son pocas las investigaciones realizadas y publicaciones con respecto a las mejoras del cacao con este tipo de fermentador debido al costo alto.

Fermentador acero inoxidable: Este tipo de fermentador es en base de acero inoxidable, existen diversos tipos de acero, en las cuales los más utilizados para la industria alimenticia son e AISI304, AISI304L, AISI316 y AISI316L; de las cuales se usó el AISI316L ya que es resistente a

la corrosión localizada, en equipos químicas, petroleras, cubas de fermentación (Aguilar-Sierra et al., 2015). La estructura de soporte está realizada de tubos cuadrados ASTM A36. Se utilizó un perfil cuadrado de 22 mm x 22 mm con un espesor de 1.2 mm.

La cama interna es recubierta con planchas de acero ASTM A 36 de 0.8 mm de espesor, la función es de proteger la estructura y generar un espacio entre la pared para colocar tecnopor para evitar que el calor de la masa fermentada se transfiera con facilidad. Tienen paletas en forma de C que permite coger una cantidad adecuada de granos y removerlos, la altura de la paleta es 120 mm, el material utilizado es de acero inoxidable AISI 304. El eje este hecho de acero inoxidable AISI 316L, la tapa del fermentador está conformada por una lámina de acero inoxidable de AISI 316L de 2 mm de espesor, una lámina de acero ASTM A36 de 0.8 mm de espesor y una estructura de tubo cuadrado ASTM A36 de 22 x 22 mm con un espesor 1.2 mm. Contiene un sistema de sensores para poder captar cada característica organoléptica del cacao, sistema embebido y una interfaz web para el monitoreo y trazabilidad.

En base a la revisión realizada según Castillo Ramos (2019) en Piura, con el prototipo de acero inoxidable se mejoró de forma notable la higiene en el proceso de fermentación y se minimizó la contaminación de los granos, además permitió que se pueda llevar una fermentación constante del grano y en donde se pudo controlar la aireación y la velocidad de remoción. Este prototipo es una nueva forma de fermentar granos de cacao, que permite el uso de agentes esterilizantes químicos y llevar un control sobre el proceso de fermentación mediante sistema de sensores y sistema web que recolecta información en tiempo real.

Sin embargo, son pocas las investigaciones realizadas y publicaciones con respecto a las mejoras del cacao con este tipo de fermentador debido al costo alto que genera el implementar este tipo de fermentador.

De acuerdo con toda la revisión bibliográfica que se realizó, los fermentadores son variados tanto en metodología como en tecnología, las modalidades de las actividades del tratamiento postcosecha desarrollados son de manera similar citando a Marcillo Plaza et al. (2019), ya que mantuvieron toda la secuencia de ejecución ordenada y pueden ser bien controladas para la obtención benéfica adecuada y la producción de granos con sabores organolépticos bien desarrollados. Las diferencias entre estos dispositivos radican entre la tecnología acoplada a los fermentadores (sensores, sistemas, softwares), formas características de cada dispositivo, dimensiones (medidas), material con la cual fueron fabricados y el rendimiento que cada dispositivo tuvo durante el proceso de fermentación.

Los resultados de cada dispositivo empleado en el proceso de fermentación fueron favorables para la obtención benéfica organoléptica de los granos de cacao, donde tuvieron buen desempeño, lo más común es la implementación de los fermentadores de madera cuadrado, tanto en el ámbito local, regional y nacional, debido a los bajos costos de producción que maneja, a comparación de los dispositivos de tambor giratorio y acero inoxidable, que emplean un costo más alto de producción, pero donde los resultados son mucho más favorables y no requieren de mucho personal que se encargue del manejo de estos dispositivos. Existe un factor importante que es mantener la higiene de los dispositivos, en la cual los fermentadores de madera son muchos más fáciles de ser contaminados, algo que no sucede con el fermentador de acero inoxidable y además tiene un valor agregado que es la inclusión de tecnología para mejorar el proceso fermentativo.

La realidad agroindustrial nacional, regional y local impide aprovechar las oportunidades de comercialización que menciona Barrientos Felipa (2015). Recomendamos adoptar el fermentador de tipo tambor giratorio propuesto por Quevedo et al. (2018), debido a las características organolépticas resultantes del proceso de fermentación, que permite mejorar la calidad comercial de los granos.

A continuación, en la **Error! Reference source not found.** hacemos un resumen de la evaluación de las características de los prototipos de fermentación identificados en esta revisión. Tomamos en cuenta capacidad, material usado para su construcción, desempeño logrado, costo, adaptabilidad para la incorporarle tecnología de información y mecanismos de control, construcción y validación.

Tabla I. Evaluación de las características de los prototipos de fermentación.

Tipo	Capacidad	Material	Desempeño	Costo	Adaptable	Construcción	Validación
Acero	250 kg	AISI316L	Muy Bueno	Elevado	No	Difícil	Difícil
Tambor	250 kg	Madera	Muy Bueno	Bajo	Sí	Intermedio	Fácil
Tradicional	100 kg	Madera	Bueno	Bajo	No	Fácil	Fácil

4. Conclusiones

Con esta investigación se ha realizado una revisión bibliográfica exhaustiva de las mejores prácticas para la implementación de prototipos de fermentación que han sido utilizadas por países que logran alta calidad organoléptica en el sabor resultante del cacao, para poder llegar a los estándares adecuados asegurando el éxito del proceso y que logran ser más competitivos en el mercado, pero debido a la deficiente y heterogénea tecnología mal controlada utilizada para el proceso de fermentación y secado no se lo permiten. Y teniendo en cuenta que, si existe un buen desempeño de los procesos principales para la obtención de un grano de calidad, se obtendrán mejoras tanto en rentabilidad y muchas más oportunidades en el comercio exterior por ende la entrega de un buen grano

Referencias bibliográficas

- Aguilar-Sierra, S. M., Serna-Giraldo, C. P., & Aristizábal-Sierra, R. E. (2015). Transformaciones Microestructurales en Soldaduras Disímiles de Acero Inoxidable Austenítico con Acero Inoxidable Ferrítico. *Soldagem & Inspeção*, 20(1), 59–67. <https://doi.org/10.1590/0104-9224/SI2001.07>
- Amorim Homem de Abreu Loureiro, G., Reis de Araujo, Q., René-Valle, R., Andrade-Sodré, G., & Moreira de Souza, S. M. (2017). Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahía, Brasil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 579. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>
- Aracely Vera Loor, M., Bernal Cabrera, A., Leiva Mora, M., Edison Agustín Vera Loor, A., Vera Coello, D., Peñaherrera Villafuerte, S., Solís Hidalgo, K., Terrero Yépez, P., & Eduardo Jiménez Guerrero, V. (2018). Microorganismos endófitos asociados a *Theobroma cacao* como agentes de control biológico de *Moniliophthora roreri*. *Revista Centro Agrícola*, 45(3), 81–87. <http://cagricola.uclv.edu.cu/index.php/es/volumen-45-2018/numero-3->

2018/1081

- Atanacio-Andrade, J., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2019). Physical and chemical properties of cacao cultivars (*Theobroma cacao* L.) from Ecuador and Peru. *Enfoque UTE*, 10(4), 1–12. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n4.462>
- Augusto Marcillo Plaza, Tayron Martínez Carriel, Elicia Cruz Ibarra, Wilmer Baque Bustamante, C. S. B. (2019). Fermentation of cocoa CCN-51, on the basis of three methods, in different times. *Journal of Asia Pacific Studies*, 5(3), 394–410. <https://uploads.documents.cimpress.io/v1/uploads/01e8ee6d-e79d-4887-9e53-e1262d3506eb~110/original?tenant=vbu-digital>
- Barrientos Felipa, P. (2015). La cadena de valor del cacao en Perú y su oportunidad en el mercado mundial. *Semestre Económico*, 18(37), 129–156. <https://doi.org/10.22395/seec.v18n37a5>
- Brunetto, M. D. R., Gallignani de Bernardi, M. A., Orozco Contreras, W. J., Clavijo Roa, S. D. S., Delgado Cayama, Y. J., Ayala Montilla, C. D., & Zambrano García, A. (2020). RP-HPLC-DAD determination of free amino acids in cocoa samples during fermentation and roasting. *Revista Colombiana de Química*, 49(1), 11–19. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v1n49.77811>
- Brunetto, M. del R., Gallignani, M., Orozco, W., Clavijo, S., Delgado, Y., Ayala, C., & Zambrano, A. (2020). The effect of fermentation and roasting on free amino acids profile in Criollo cocoa (*Theobroma cacao* L.) grown in Venezuela. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.15019>
- Cardona Velásquez, L. M., Rodríguez-Sandoval, E., & Cadena Chamorro, E. M. (2016a). Diagnóstico de las prácticas de beneficio del cacao en el departamento de Arauca. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(1), 94–104. <https://doi.org/10.22507/rli.v13n1a8>
- Cardona Velásquez, L. M., Rodríguez-Sandoval, E., & Cadena Chamorro, E. M. (2016b). Diagnóstico de las prácticas de beneficio del cacao en el departamento de Arauca. *Revista Lasallista de Investigación*, 13(1), 94–104. <https://doi.org/10.22507/rli.v13n1a8>
- Castillo Ramos, J. (2019). *Diseño de un fermentador orientado a mejorar el proceso de fermentación del cacao criollo blanco de Piura* [Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/4017>
- Córdova, P. R., Bohórquez, José Nicasio Quevedo Guerrero, Rigoberto García Batista, M., & Reyes, S. H. (2019). Automatización de un sistema de fermentación de almendra de cacao (*Theobroma cacao* L.) para pequeños productores. *Revista Científica Agroecosistemas*, 7(2), 149–156. <https://aes.ucf.edu/cu/index.php/aes/article/view/287>
- DEVIDA. (2018, May). *Cacao de Tocache es atractivo para mercados españoles*. <https://www.devida.gob.pe/-/cacao-de-tocache-es-atractivo-para-mercados-espanoles>
- Díaz, R. O., & Hernández, M. S. (2020). Theobromas from the Colombian Amazon: A healthy alternative. *Informacion Tecnológica*, 31(2), 3–10. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000200003>
- El Salous, A. (2019). Acceleration of cocoa fermentation through the action of bacteria (*Acetobacter aceti*) and yeast (*Saccharomyces cerevisiae*). *Espirales Revista Multidisciplinaria de Investigación*, 3(28), 1. <https://doi.org/10.31876/er.v3i28.572>

- García Gonzalez, E. (2019). Evaluación de los parámetros físico-químicos, microbiológicos y de calidad en la fermentación espontánea de granos de cacao en una unidad productiva de la unión, Florida (Valle del Cauca). *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 6(1). <https://doi.org/10.23850/24220582.1635>
- Hernández- Hernández, C., López- Andrade, P. A., Ramírez- Guillermo, M. A., Guerra Ramírez, D., & Caballero Pérez, J. F. (2016). Evaluation of different fermentation processes for use by small cocoa growers in Mexico. *Food Science & Nutrition*, 4(5), 690–695. <https://doi.org/10.1002/fsn3.333>
- Mejía Córdoba, C. A. (2018). Validación de un modelo matemático para predicción de la fermentación y secado del grano de cacao. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 59–69. <https://doi.org/10.22490/21456453.2088>
- Moreno-Martínez, E., Gavanzo-Cárdenas, Ó. M., & Rangel-Silva, F. A. (2019). Evaluation of the Physical and Sensory Characteristics of Cocoa Liquor Associated with Sowing Models. *Ciencia y Agricultura*, 16(3), 75–90. <https://doi.org/10.19053/01228420.v16.n3.2019.9890>
- Ortiz S., J., Chungara, M., Ibieta, G., Alejo, I., Tejeda, L., Peralta, C., Aliaga-Rossel, E., Mollinedo, P., & Peñarrieta, J. M. (2019). Determinación de Teobromina, Catequina, Capacidad Antioxidante Total y Contenido Fenólico Total en Muestras Representativas de Cacao Amazónico Boliviano y su Comparación Antes y Después del Proceso de Fermentación. *Revista Boliviana de Química*, 1(36.1), 40–50. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.1.4>
- Peláez, P. P., Guerra, S., & Contreras, D. (2016). Changes in physical and chemical characteristics of fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans with manual and semi-mechanized transfer, between fermentation boxes. *Scientia Agropecuaria*, 07(02), 111–119. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.02.04>
- Quevedo, J., Romero, J., & Tuz, I. (2018). Calidad Físico Química y Sensorial de Granos y Licor de Cacao (*Theobroma Cacao* L.) Usando Cinco Métodos de Fermentación. *Revista Científica Agroecosistemas*, 6(1), 115–127. <https://doi.org/https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/172>
- Ramírez, B., María José, V., & Romero, J. M. (2019). Características Físicoquímicas y Colorimétricas de Licores de Cacao Obtenidos de los Clones tcs 06, fear 5 y fsv 41. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 17(1), 40–59. http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/4001
- Ruiz Reyes, J. M., Soto Bohorquez, J., & Ipanaque, W. (2016). Evaluation of spectral relation indexes of the Peruvian's cocoa beans during fermentation process. *IEEE Latin America Transactions*, 14(6), 2862–2867. <https://doi.org/10.1109/TLA.2016.7555266>
- Slafer, G. (2009). ¿Cómo escribir un artículo científico? *Revista de Investigación En Educación*, 6, 124–132. <https://reined.webs.uvigo.es/index.php/reined/article/view/59>
- Soto Bohorquez, J. C., Ruiz Reyes, J. M., Ipanaque Alama, W., & Chinguel Alama, C. (2018). New Hyperspectral Index for Determining the State of Fermentation in the Non-Destructive Analysis for Organic Cocoa Violet. *IEEE Latin America Transactions*, 16(9), 2435–2440. <https://doi.org/10.1109/TLA.2018.8789565>

- Toapanta Ramos, L. F., Andrade, C., Dávalos Álvarez, E., Landázuri Zaldumbide, S., & Quitiaquez, W. (2019). Thermal Analysis of heat sink with Heat Pipes for High Performance Processors. *Enfoque UTE*, 10(2), 39–51. <https://doi.org/10.29019/enfoque.v10n2.469>
- Vázquez-Ovando, A., Ovando-Medina, I., Adriano-Anaya, L., Betancur-Ancona, D., & Salvador-Figueroa, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 66(3), 239–254. <https://doi.org/10.3362/9781780441368.003>
- Vera Carrasco, O. (2009). ¿Cómo escribir artículos de revisión? *Revista Médica La Paz*, 15(1), 63–69. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-89582009000100010

Financiamiento

Ninguno.

Conflicto de intereses

La presente publicación no presenta conflicto de intereses.

Contribución de autores

Rios-Jara, Jonathan: Investigador y redactor del presente artículo.

Lévano-Rodríguez, Danny: Investigador y redactor del presente artículo.