

# **BENEFICIOS DE LA FERMENTACIÓN DE CACAO (THEOBROMA CACAO) EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA**

BENEFITS OF COCOA (THEOBROMA CACAO) FERMENTATION IN THE  
FOOD INDUSTRY

---

***Recibido:** 08/08/2024 – **Aceptado:** 11/11/2024*

---

**Kristley David Celi Sabando**

Docente en el Instituto Superior Tecnológico Quinindé  
Quinindé - Ecuador

Máster en Administración de Negocios y Empresas  
Universidad Internacional de Valencia

kristleyceli@gmail.com  
<https://orcid.org/0000-0001-7460-0517>

---

**María Cristina Chamorro Portilla**

Docente en el Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio  
Ibarra - Ecuador

Licenciado en Ciencias Biológicas  
Universidad Central del Ecuador

macrichp@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0007-0728-2580>

---

---

**Jessica Guadalupe Ballesteros Jerez**

Docente en el Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio  
Ibarra - Ecuador

Ingeniero en Biotecnología de los recursos naturales  
Universidad Politécnica Salesiana

jguadaballe@hotmail.com  
<https://orcid.org/0009-0001-4142-9378>

---

**Diego Alejandro Barrigas Revelo**

Docente en el Instituto Superior Tecnológico 17 de Julio  
Ibarra - Ecuador

Magister en Productos Farmacéuticos Naturales  
Universidad Politécnica Salesiana

alejobarrigas94@gmail.com  
<https://orcid.org/0009-0004-1535-2698>

---

**Cómo citar este artículo:**

Celi, K., Chamorro, M., Ballesteros, J. & Barrigas, D. (Enero – Diciembre 2024). Beneficios de la fermentación de cacao (*Theobroma cacao*) en la industria alimentaria. *Tierra Infinita* (10), 131-142. <https://doi.org/10.32645/26028131.1310>

---

**Cómo citar este artículo:**

Celi, K., Chamorro, M., Ballesteros, J. & Barrigas, D. (Enero – Diciembre 2024). Beneficios de la fermentación de cacao (*Theobroma cacao*) en la industria alimentaria. *Tierra Infinita* (10), 131-142. <https://doi.org/10.32645/26028131.1310>

## Resumen

Este estudio evalúa la influencia de distintos métodos de fermentación en las propiedades organolépticas y la calidad del grano de cacao. Se analizaron tres técnicas principales: fermentación en sacos de yute, en montón y en cajas de madera. La fermentación en sacos de yute, aunque es un método tradicional, enfrenta limitaciones en la eficiencia de fermentación y el drenaje adecuado, lo que a menudo resulta en una fermentación parcial y heterogénea. Por su parte, la fermentación en montón es comúnmente adoptada por pequeños productores debido a su bajo costo y facilidad de implementación; sin embargo, requiere un manejo meticuloso, incluyendo volteos regulares, para asegurar uniformidad en la fermentación y calidad en el producto final. En contraste, la fermentación en cajas de madera se identifica como el método más controlable y efectivo, influenciando significativamente el perfil sensorial del grano gracias a la selección específica del tipo de madera utilizada. Las pruebas comparativas indican una mejora notable en la calidad del grano con este método, lo que lo convierte en la opción preferida para la producción de chocolate de alta calidad. Este análisis resalta la importancia crítica de elegir un método de fermentación adecuado para optimizar las características sensoriales del cacao y cumplir con las expectativas de calidad en el mercado actual del chocolate.

**Palabras Clave:** fermentación de cacao, calidad sensorial, métodos fermentativos.

## Abstract

This study assesses the impact of different fermentation methods on the organoleptic properties and quality of cocoa beans. Three main techniques were analyzed: fermentation in jute sacks, heap fermentation, and box fermentation. Fermentation in jute sacks, though a traditional method, faces limitations in fermentation efficiency and proper drainage, often resulting in partial and heterogeneous fermentation. On the other hand, heap fermentation is commonly adopted by small producers due to its low cost and ease of implementation; however, it requires meticulous management, including regular turning, to ensure uniform fermentation and quality in the final product. In contrast, box fermentation is identified as the most controllable and effective method, significantly influencing the sensory profile of the bean through specific selection of the type of wood used. Comparative tests indicate a notable improvement in bean quality with this method, making it the preferred choice for producing high-quality chocolate. This analysis underscores the critical importance of selecting an appropriate fermentation method to optimize the sensory characteristics of cocoa and meet the quality expectations in today's chocolate market.

**Kew Words:** cocoa fermentation, sensory quality, fermentation methods.

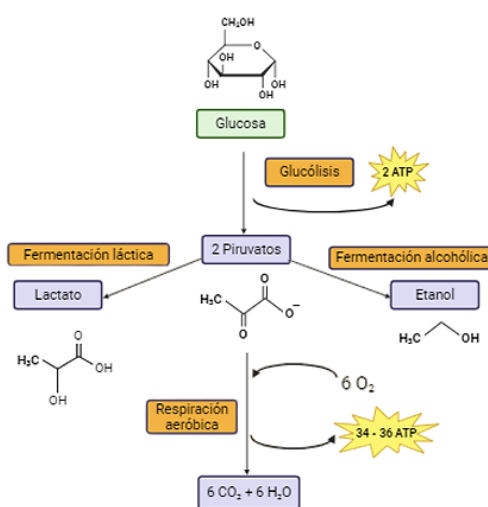
## Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L) es un árbol que pertenece a la familia Malvaceae, género *Theobroma*, y se reproduce principalmente en bosques tropicales. En América del Sur se ha desarrollado de forma natural hasta 22 especies de plantas del género *Theobroma*, de las cuales 19 se encuentran al norte de América del Sur (Pérez et al., 2021). En la actualidad el cultivo de cacao es considerado de gran importancia a nivel mundial ya que es el principal ingrediente para la elaboración del chocolate, incluso es usado en grandes industrias alimentarias, farmacéuticas y cosméticas, siendo ampliamente difundido en la región amazónica tropical desde Colombia hasta Brasil, incluido Ecuador (Ríos y Levano, 2022) de manera histórica y económica a través de los siglos. Es originario de las regiones amazónicas de Latinoamérica y ha desempeñado un papel fundamental en la cultura y economía de diversas civilizaciones hasta la actualidad, siendo un recurso valioso, especialmente en países como África Occidental que produce cerca de las  $\frac{3}{4}$  partes del cacao a nivel mundial (Orús A, 2024).

La fermentación del cacao juega un papel básico y fundamental en la mejora de la calidad de la almendra de cacao y por lo tanto en el chocolate, lo cual presenta ventajas significativas para la industria de alimentos. El fermentado no solo intensifica el sabor del cacao, reduce también la acidez y el amargor, mejorando el perfil del sabor, transformándolo y haciéndolo más agradable al paladar y más atractivo comercialmente. La fermentación microbiana provoca la muerte del embrión del cacao y genera reacciones bioquímicas en los cotiledones del cacao, generando compuestos precursores aromáticos que tienen una influencia positiva en el sabor del chocolate, además de eliminar el mucílago (Erazo, 2019). El cotiledón de cacao fresco (CCF) y el mucílago poseen características físico químicas diferentes, entre ellas el porcentaje de agua de 32,4% en CCF y 79,20% a 84,20% en mucílago, azúcares de 2,5% en CCF y hasta de 15,90% en el mucílago, entre otras (Steinau, 2017). Existen diferentes tipos de fermentación (figura 1), sin embargo, en el cacao involucra distintos fenómenos, uno de ellos son las reacciones bioquímicas internas en los cotiledones del grano y el otro la fermentación microbiana.

**Figura 1.**

*Procesos de fermentación a partir de la glucosa*



Cómo citar este artículo:

Celi, K., Chamorro, M., Ballesteros, J. & Barrigas, D. (Enero – Diciembre 2024). Beneficios de la fermentación de cacao (*Theobroma cacao*) en la industria alimentaria. *Tierra Infinita* (10), 131-142. <https://doi.org/10.32645/26028131.1310>

En el caso de las reacciones bioquímicas dentro de los cotiledones, donde el proceso inicia en el mucílago de los granos que están compuestos por azúcares que son fermentados de manera anaerobia, donde podrían desarrollarse microorganismos como levaduras que transforman los azúcares en alcohol y anhídrido carbónico. Posteriormente, frente a la disminución de pulpa inicia la fermentación aerobia por motivo de entrada de compuestos gaseosos, que facilitan la oxidación del alcohol en acetato, siendo el que provoca la muerte del embrión del grano al ingresar en el tejido de los cotiledones y la permeabilización de la pared celular, que consecuentemente a través de reacciones hidrolíticas que permiten cambios en pigmentos cianidoglucósidos y la reducción de la humedad dan paso a la formación de precursores aromáticos del chocolate (Erazo, 2019).

Por otro lado, la fermentación microbiana inicia en su primera fase con el desarrollo de levaduras que transforman el azúcar de la pulpa en etanol, para una posterior degradación de la pectina, favoreciendo el desarrollo de bacterias ácidos lácticas en un ambiente anaerobio y de baja acidez. En la siguiente fase continua la fermentación de carbohidratos residuales a través de bacterias lácticas, obteniendo un mayor consumo de ácido cítrico para que posteriormente las levaduras presentes en el proceso hidrolicen las pectinas presentes en el mucílago de la pulpa, provocando un ambiente aerobio y el desarrollo de bacterias acéticas. En la última fase, el etanol producido por la acción de levaduras se transforma en ácido acético y mediante reacciones exotérmicas aumenta la temperatura del proceso de fermentación y provocando la muerte del embrión del grano que en consecuencia contribuye a la producción de ácidos orgánicos que podrían mejorar el sabor. Sin embargo, el cacao se encuentra expuesto a diversas enfermedades como la moniliasis, causada por el hongo *Moniliophthora roreri*, afectando directamente al fruto y causando pérdida de hasta el 60% de la producción (Phillips-Mora et al., 2007). Sumado a esto, la mala práctica del proceso de fermentación altera las características organolépticas del cacao como aroma y sabor, afectando al sector productivo y generando pérdidas económicas puesto que no se cumple con las exigencias del mercado internacional (Otárola, 2018).

Se ha profundizado en las investigaciones sobre los tiempos de fermentado que son más específicos para cada variedad o clon de cacao, en la búsqueda de maximizar los resultados positivos de la fermentación, en donde un proceso adecuado incrementa la consistencia y calidad del producto final, permitiendo que la industria alimentaria que se beneficia de la almendra de cacao pueda cumplir con las expectativas de los consumidores en sabor y textura (Torres Segura et al., 2024)

La fermentación del cacao es un proceso necesario para la producción de chocolate, ya que el sabor, el aroma y la calidad del producto final es significativo. Podemos decir que durante el proceso fermentativo del cacao se obtienen los beneficios que aporta y la calidad que tiene, esto se logra en tres etapas, la primera que es la descomposición de la pulpa que está rodeando al grano de cacao, aquí se activan las enzimas y los microorganismos que intervienen son levaduras y bacterias ácido lácticas son quienes generan un ambiente líquido ácido y producen etanol, ácido láctico y ácido acético. En la etapa intermedia es donde la producción de ácido se activa y las bacterias acéticas convierten el etanol en ácido acético, generando calor y por ende aumentando la masa fermentada a unos 45° 50°C, produciendo cambios internos y químicos en el grano de cacao. Por último, la acumulación de ácido y el aumento de temperatura matan al embrión de la semilla, transformándolo en polifenoles, reduciendo su astringencia y desarrollando el sabor, provocando que el polifenol oxidado actúe sobre los compuestos internos del grano que contribuirán al aroma y sabor del cacao. (De Brito, 2020).

Los beneficios fermentativos inducen a reacciones químicas que forman compuestos volátiles y son precursores de sabor, reducción de astringencia y amargor, aumentando considerablemente la calidad provocando una textura adecuada ideal para la posterior molienda y procesamiento, esto en el campo del salud produce bioactivos como flavonoides y antioxidantes. (Bruna, F.2021)

Esta investigación tiene como objetivo explorar en detalle los beneficios de la fermentación de cacao para la industria alimentaria. Se analizarán los procesos de fermentación más comunes en el país, identificando cómo influyen en las propiedades organolépticas del cacao, como el sabor y el aroma. Además, se estudiarán los compuestos bioactivos que se generan durante la fermentación y su impacto en la calidad del chocolate. La importancia de esta revisión radica en contribuir al conocimiento sobre los beneficios de la fermentación, ofreciendo nuevas perspectivas para optimizar las prácticas de fermentación, tanto tradicionales como industriales.

## **Materiales y métodos**

La investigación realizada es de tipo mixto, con un enfoque descriptivo e innovador, ya que combina la revisión de estudios previos sobre la fermentación del cacao con el análisis comparativo de los métodos tradicionales e industriales utilizados en el país. Para la recolección de información, se realizó una revisión bibliográfica en bases de datos científicas, enfocándose en artículos que tratan sobre los procesos de fermentación del cacao, sus propiedades organolépticas (sabor y aroma), los compuestos bioactivos generados durante la fermentación y su impacto en la calidad del chocolate.

Se utilizaron palabras clave específicas como “fermentación del cacao”, “compuestos bioactivos”, “propiedades organolépticas” y “calidad del chocolate” para buscar estudios relevantes. Se priorizaron artículos científicos que contuvieran datos experimentales sobre los distintos tipos de fermentación y sus efectos en la calidad del cacao. Las fuentes se seleccionaron por su rigor científico y relevancia en el tema.

Los datos obtenidos fueron organizados y clasificados de acuerdo con las siguientes variables: los tipos de fermentación del cacao (variable independiente), y las propiedades organolépticas (sabor, aroma), los compuestos bioactivos generados y la calidad del chocolate (variables dependientes). El análisis comparativo entre los métodos de fermentación tradicionales e industriales permitió identificar sus efectos sobre las variables dependientes.

## **Resultados y discusión**

La obtención de un producto de cacao de calidad requiere pasar por varios procesos clave: cosecha, desbado, fermentación, secado, almacenamiento y transporte. Sin embargo, en algunas comunidades se utiliza un proceso más directo, aunque menos común, con el fin de acelerar la producción. Para comprender mejor este método, es necesario detallar cada paso.

### **Cosecha del cacao**

La especie *Theobroma cacao* L., que pertenece a la familia Sterculiaceae, se cultiva en regiones tropicales y subtropicales de América Latina y África (Caligiani et al., 2016). El cultivo del cacao requiere un ambiente cálido y húmedo, con temperaturas entre 21 y 32 °C, a una altitud

no mayor a los 600 m.s.n.m., y con precipitaciones anuales de 1500 a 2000 mm (Minifie, 2012). El árbol es sensible a la exposición directa al sol y al viento, por lo que se cultiva bajo sombra (Ozturk y Young, 2017).

El grano de cacao se obtiene de mazorcas que, una vez maduras, adquieren una coloración amarilla, roja o blanca. El grano tiene una forma ovalada, aplanada, con un tamaño promedio de 2 cm de largo y 1 cm de ancho, y después del secado puede pesar aproximadamente 1 gramo (Predan et al., 2019). La cosecha del cacao, como ocurre en Ecuador, es el primer paso de la producción de chocolate. Consiste en seleccionar las mazorcas maduras, reconocibles por el color de su cáscara, y cortarlas con machete o tijeras de poda, evitando dañar las flores o ramas (Caligiani et al., 2016).

### **Desbabado y fermentación**

El desbabado es la eliminación del mucílago que cubre los granos de cacao. Este mucílago contiene azúcares esenciales para la fermentación. La fermentación es un paso crítico, ya que de ella depende el desarrollo del sabor del cacao. Este proceso dura entre 5 y 7 días y puede llevarse a cabo en cajas de madera, canastas, sacos de yute o directamente en el suelo, cubiertos con hojas de plátano. Durante los primeros dos días, el proceso es anaeróbico debido a la actividad de las levaduras, que transforman los azúcares del mucílago en etanol. En los días siguientes, las bacterias acéticas, mediante fermentación aeróbica, producen ácido acético, lo que eleva la temperatura y acidifica el entorno (Predan et al., 2019).

### **Secado**

El secado detiene la fermentación y reduce el contenido de humedad de los granos, que debe situarse entre el 6% y el 8% para un almacenamiento y transporte adecuado. El método tradicional consiste en secar los granos al sol, colocándolos sobre plataformas o directamente en el suelo, y moviéndolos constantemente para asegurar un secado uniforme. Si bien este método es más económico, puede resultar en un cacao de menor calidad debido a la falta de fermentación adecuada, lo que afecta los sabores y aumenta la susceptibilidad a la proliferación de moho y patógenos (Beckett, 2008).

### **Fermentación en sacos de yute**

La fermentación en sacos de yute es un método tradicional que impacta las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del cacao. Este método proporciona aireación moderada, importante para la fermentación uniforme. Los estudios muestran que el pH del grano alcanza 4.49 y la acidez titulable es de 2.08% alrededor del tercer día (Aldas Morejón et al., 2020). Aunque es menos eficiente que la fermentación en cajas de madera, el método requiere mover los sacos cada 48 horas para lograr un resultado uniforme. No obstante, este método puede producir granos de menor calidad debido a la baja eficiencia en la fermentación y a problemas con la eliminación de los granos deteriorados (Jiménez, 2021).

### **Método de montón**

El método de montón consiste en colocar los granos frescos sobre tendales de caña, madera o cemento, lo que facilita el drenaje del mucílago. Se colocan capas de hojas de plátano sobre los granos para retener el calor, fundamental para la fermentación. Sin embargo, esta técnica



es menos eficiente comparada con la fermentación en cajas, ya que la falta de control sobre la temperatura y la aireación puede afectar la calidad del cacao (Mora & Garcés, 2012; Arboleda & Gómez, 2017).

### **Fermentación en cajas**

La fermentación en cajas de madera es un método ampliamente utilizado y preferido por su eficiencia. El diseño de las cajas permite controlar mejor el proceso de fermentación, influenciado por microorganismos que producen cambios en la temperatura y el pH, afectando el desarrollo del sabor y aroma del cacao (Freire, 2022). En un estudio que evaluó distintos tipos de madera utilizados en cajas de fermentación, se observó que la temperatura puede variar significativamente, alcanzando hasta 44.52 °C en cajas de pino y afectando directamente la calidad sensorial del grano (Erazo Solórzano et al., 2021). Además, en otro estudio realizado en Bolivia, el tipo de madera de las cajas influyó en el porcentaje de granos adecuadamente fermentados (Churqui Sipe & Peñafiel Rodríguez, 2023).

### **Comparación de métodos**

El uso de sacos de yute frente a otros métodos, como cajas de madera, ha mostrado variaciones en la eficiencia de la fermentación y en la calidad del grano. Aunque algunos estudios indican que los sacos de yute pueden generar un 80% de granos bien fermentados (Bravo & Mingo, 2011), este método presenta limitaciones en el drenaje de líquidos y la remoción uniforme de la masa fermentada (Quevedo et al., 2018). Por otro lado, en la fermentación en cajas, el volteo regular de los granos ayuda a lograr una fermentación más homogénea, favoreciendo el desarrollo de sabores complejos (Martínez. et al, 2017).

Cada método de fermentación tiene sus particularidades y efectos en la calidad final del cacao. La fermentación en cajas de madera, cuando se realiza de manera controlada, permite desarrollar mejor los precursores de sabor y aroma, lo que repercute en la calidad del chocolate final (Peralta Macías, 2020; Kadow et al., 2022). El control de factores como la temperatura y la oxigenación es fundamental para obtener un cacao de alta calidad (Ho et al., 2023; Romero, 2022). Estos procesos subrayan la importancia de optimizar cada etapa de la fermentación para asegurar un producto final de excelente calidad.

### **Conclusiones**

La fermentación de cacao en sacos de yute es una técnica arraigada en la tradición, presenta ciertas limitaciones que afectan su eficacia en comparación con métodos más modernos como las cajas de madera, pero en base a las investigaciones realizadas no se puede negar su capacidad para producir granos de alta calidad bajo condiciones adecuadas

La fermentación de cacao en cajas de madera es un método tradicional que, a través de la investigación, ha demostrado proporcionar un control eficaz sobre el proceso fermentativo, favoreciendo el desarrollo de precursores de sabor y aroma. A pesar de ser un método más costoso y complejo que otros, la capacidad de las cajas de madera para influir en las características sensoriales y físicas del grano post-fermentación no puede ser negada, permitiendo la producción de cacao de calidad superior bajo condiciones controladas.

La elección del material para la fermentación y la duración del proceso son factores críticos que tienen un impacto directo sobre la calidad del grano de cacao. Aunque la adaptabilidad de

---

#### **Cómo citar este artículo:**

Celi, K., Chamorro, M., Ballesteros, J. & Barrigas, D. (Enero – Diciembre 2024). Beneficios de la fermentación de cacao (*Theobroma cacao*) en la industria alimentaria. *Tierra Infinita* (10), 131-142. <https://doi.org/10.32645/26028131.1310>



estos factores puede presentar desafíos, las investigaciones han confirmado que ajustes precisos en el material y los tiempos de fermentación pueden mejorar significativamente las propiedades físicas y sensoriales del grano, destacando su importancia en la producción de un cacao que cumpla con los estándares de calidad más elevados.

## Recomendaciones

A partir de los resultados obtenidos, es recomendable llevar a cabo nuevas investigaciones que profundicen en cómo los diferentes tipos de fermentación afectan los compuestos volátiles que determinan los sabores y aromas del cacao. Sería útil explorar cómo las variaciones en el tiempo de fermentación y las condiciones ambientales influyen en el desarrollo de precursores de sabor, comparando métodos como sacos de yute, montón y cajas de madera. También sería interesante investigar el impacto de distintos tipos de maderas en la fermentación y cómo afectan las propiedades sensoriales del cacao. Además, se podrían aplicar tecnologías avanzadas, como sensores para monitorear en tiempo real la temperatura y acidez, lo que permitiría un mejor control de las condiciones de fermentación. Por último, sería valioso estudiar cómo la fermentación afecta los compuestos bioactivos del cacao, con especial atención a sus efectos en la salud humana y su relación con los perfiles antioxidantes.

## Referencias

- Aldas Morejon, J. P., Neira Mosquera, J. A., Revilla Escobar, K. Y., & Sánchez Llaguno, S. N. (2020). Métodos de fermentación del cacao nacional (*theobroma cacao*) y su influencia en las características físico-químicas, contenido de cadmio y perfiles sensoriales. *Alternativas*, 21(3), 42–48. <https://doi.org/10.23878/alternativas.v21i3.339>
- Arboleda, K. L., & Gómez, Z. U. (2017). Uso de Cultivos Iniciadores (Starter) en la Fermentación de Cacao Tipo Nacional Clon 103 y CCN51 en la Estación Pichilingue ubicada en Quevedo - Provincia de los Ríos. Guayaquil
- Beckett, S. T. (2008). “The Science of Chocolate”. Royal Society of Chemistry.
- Bravo, N., & Mingo, F. (2011). VALORACIÓN DE TRES MÉTODOS DE FERMENTACIÓN Y SECADO PARA MEJORAR LA CALIDAD Y RENTABILIDAD DEL CACAO FINO DE AROMA (*Theobroma cacao* L.) EN LA PARROQUIA PANGUINTZA DEL CANTÓN CENTINELA DEL CÓNDOR, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4951>
- Bruna, F., Claudia, R., Silvia, R., & Bruno, M. (2021). “Enhancing the Functional Properties of Cocoa and Its Derivatives: The Role of Fermentation”. *Foods*, 10(1), 176.
- Caligiani A, Marseglia A, Palla G. 2016. Cocoa: production, chemistry, and use. En: *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier. p. 185–190. doi: 10.1016/B978-0-12-384947-2.00177-X
- Churqui Sipe, P., & Peñafiel Rodríguez, W. (2023). Proceso de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.) en cajas de diversas especies maderables y en distintas épocas de cosechas producidas en Alto Beni. *CIBUM SCIENTIA*, 2(1), 66-76. <https://doi.org/10.53287/gpig6349gj58o>
- De Brito, E. S., García, N. H. P., Amancio, A. C. (2020). “The Role of Fermentation in the Development of Flavor Precursors in Cocoa Beans”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(9), 1593-1609.
- Erazo Gaviláñez, C. Y. (2019). Diseño de un fermentador y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.), en el cantón El Empalme provincia Guayas.
- Erazo Solórzano, C., Bravo Franco, K., Tuárez García, D., Fernández Escobar, Á., Torres Navarrete, Y., & Vera Chang, J. (2021). Efecto de la fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.), variedad Nacional y Trinitario, en cajas de maderas no convencionales sobre la calidad física y sensorial del licor de cacao. *Revista de Investigación Talentos*, 8(2), 42-55. <https://doi.org/10.33789/talentos.8.2.153>
- Freire Muñoz, D. A., & Díaz López, D. S. (2022). Método de fermentación y secado para el beneficio de la obtención del chocolate blanco a partir del cacao criollo (*Theobroma cacao* L.), ecuatoriano. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(S2), 323-329.
- Ho, V. T. T., Fleet, G. H., & Zhao, J. (2023). “Temperature Control in Cocoa Bean Fermentation and its Impact on Flavor Development.” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(3), 1185-1192. doi:10.1021/acs.jafc.2c07889.

- Jimenez, R. (2021). Análisis de los tres tipos de fermentación de cacao en la provincia de Los Ríos. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/9286/E-UTB-FACIAG-ING%20AGROP-000127.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Kadow, D., Bilska, A., Lefeber, T., Calle-Brito, C., & Dapkevicius, M. (2022). "Impact of Fermentation on Cocoa Quality: A Microbial Perspective." *Food Microbiology*, 98, 103773. doi:10.1016/j.fm.2021.103773.
- Lopez AS & Dimick PS (1995) Cocoa fermentation. *Biotechnology*, Vol. 9 (Reed G & Nagodawithana)
- Bidot Martinez, I., Valdes de la Cruz, M., Riera Nelson, M., & Bertin, P. (2017). Morphological characterization of traditional cacao (*Theobroma cacao* L.) plants in Cuba. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64, 73-99.
- Minifie B. (2012). *Chocolate, cocoa and confectionery: Science and technology*. Hayward, California.: Springer. 904 p. ISBN: 9789401179263.
- Mora, F., & Garcés, F. (2012). *Moniliophthora roreri* en el cultivo de cacao *Moniliophthora roreri*. *Scientia Agropecuaria*, 3(2012), 249–258.
- Orús, A. (2024, May 22). Producción africana de cacao por país 2017-2023. Statista. <https://es.statista.com/estadisticas/1301220/produccion-anual-de-cacao-de-africa-por-pais/>
- Otárola Gamarra, A. (2018). Efecto de la enzima pectolítica y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación y calidad del cacao var. criollo (*Theobroma cacao*).
- Peralta Macías, J. (2020). Diseño de procesos postcosecha y evaluación de la fermentación mediante cajas de madera para cacao nacional y CCN-51 en la Finca "Nayeli" del Cantón Balzar de la Provincia del Guayas. Universidad Agraria del Ecuador.
- Phillips Mora, W., Aime, M. C., & Wilkinson, M. J. (2007). Biodiversity and biogeography of the cacao (*Theobroma cacao*) pathogen *Moniliophthora roreri* in tropical America. *Plant pathology*, 56(6), 911-922.
- Predan GMI, Lazăr DA, Lungu II. 2019. Cocoa industry - from plant cultivation to cocoa drinks production. En: *Caffeinated and Cocoa Based Beverages*. Elsevier. p. 489–507. doi: 10.1016/B978-0-12-815864-7.00015-5
- Quevedo, J., Romero, J., & Tuz, I. (2018). CALIDAD FÍSICO QUÍMICA Y SENSORIAL DE GRANOS Y LICOR DE CACAO (THEOBROMA CACAOL.) USANDO CIN-CO MÉTODOS DE FERMENTACIÓN. *Agrosistemas*, 6. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/172/20>
- 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-e281.
- Rivera, R., Mecías, F., Guzmán, A., & Pena, M. (2012). EFECTO DEL TIPO Y TIEMPO DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD FÍSICA Y QUÍMICA DEL CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL. <https://doi.org/https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.120>

- Romero, G., Vásquez, A., & López, M. (2022). "Optimizing Cocoa Fermentation in Wooden Boxes: Effects on Quality and Flavor Precursors." *International Journal of Food Science & Technology*, 57(4), 2027-2038. doi:10.1111/ijfs.15592.
- Schwan, R. F., & Wheals, A. E. (2004). The microbiology of cocoa fermentation and its role in chocolate quality. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44(4), 205-221.
- Steinau Dueñas, I. A. (2017). Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario en Caculo, Sonsonate, El Salvador (Doctoral dissertation, Universidad de El Salvador).
- Teneda Llerena WF. (2017). Mejoramiento del proceso de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.). Andalucía: Universidad Internacional de Andalucía. 140 p. ISBN: 9788479933197.
- Torres Segura, D., Minchán-Velayarce, H. H., & Pasapera-Campos, S. E. (2024). Fermentación de variedades y clones de cacao en cuatro tiempos y su efecto sobre calidad sensorial para chocolate de taza. *Revista Científica Pakamuros*, 12(1), 65–77. <https://doi.org/10.37787/s80a2814>
- Vargas, E., Molina, X., & Cevallos, E. (2022). Recorrido histórico de la importancia del cacao para la economía de Ecuador. *Sinergias Educativas*. <https://doi.org/10.37954/se.vi.193>