



ESTRATEGIAS MICROBIANAS EN FERMENTACIÓN DE CACAO PARA LA MITIGACIÓN DE CADMIO

Vásquez-Cortez, Luis Humberto
Pinargote-Mendoza, Edgar Rodolfo
Díaz-Camposano, Edison Geovanny
Goyes-Cabezas, Miguel Ángel
Soledispa-Lucas, Fausto Freddy
Rodríguez-Cevallos, Sanyi Lorena



Estrategias microbianas en fermentación de cacao para la mitigación de cadmio

Autor/es:

Vásquez-Cortez, Luis Humberto

Universidad Técnica de Babahoyo

Pinargote-Mendoza, Edgar Rodolfo

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Díaz-Camposano, Edison Geovanny

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

Goyes-Cabezas, Miguel Ángel

Universidad Técnica de Babahoyo

Soledispa-Lucas, Fausto Freddy

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí

Rodríguez-Cevallos, Sanyi Lorena

Universidad Estatal de Milagro

Datos de Catalogación Bibliográfica

Vásquez-Cortez, L. H.
Pinargote-Mendoza, E. R.
Díaz-Camposano, E. G.
Goyes-Cabezas, M. A.
Soledispa-Lucas, F. F.
Rodríguez-Cevallos, S. L.

Estrategias microbianas en fermentación de cacao para la mitigación de cadmio

Editorial Grupo AEA, Ecuador, 2026
ISBN: 978-9942-598-07-3
Formato: 210 cm X 270 cm

111 págs.



Publicado por Editorial Grupo AEA

Ecuador, Santo Domingo, Vía Quinindé, Urb. Portón del Río.

Contacto: +593 983652447; +593 985244607

Email: info@editorialgrupo-aea.com

<https://www.editorialgrupo-aea.com/>

Director General:	Prof. César Casanova Villalba.
Editor en Jefe:	Prof. Giovanni Herrera Enríquez
Editora Académica:	Prof. Maybelline Jaqueline Herrera Sánchez
Supervisor de Producción:	Prof. José Luis Vera
Diseño:	Tnlgo. Oscar J. Ramírez P.
Consejo Editorial	Editorial Grupo AEA

Primera Edición, 2026

D.R. © 2026 por Autores y Editorial Grupo AEA Ecuador.

Cámara Ecuatoriana del Libro con registro editorial No 708

Disponible para su descarga gratuita en <https://www.editorialgrupo-aea.com/>

Los contenidos de este libro pueden ser descargados, reproducidos difundidos e impresos con fines de estudio, investigación y docencia o para su utilización en productos o servicios no comerciales, siempre que se reconozca adecuadamente a los autores como fuente y titulares de los derechos de propiedad intelectual, sin que ello implique en modo alguno que aprueban las opiniones, productos o servicios resultantes. En el caso de contenidos que indiquen expresamente que proceden de terceros, deberán dirigirse a la fuente original indicada para gestionar los permisos.

Título del libro:

Estrategias microbianas en fermentación de cacao para la mitigación de cadmio

© Vásquez Cortez, Luis Humberto; Pinargote Mendoza, Edgar Rodolfo; Díaz Camposano, Edison Geovanny; Goyes Cabezas, Miguel Ángel; Soledispa Lucas, Fausto Freddy; Rodríguez-Cevallos, Sanyí Lorena.

© Marzo, 2026

Libro Digital, Primera Edición, 2026

Editado, Diseñado, Diagramado y Publicado por Comité Editorial del Grupo AEA, Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador, 2026

ISBN: 978-9942-598-07-3



<https://doi.org/10.55813/egaea.l.156>

Como citar (APA 7ma Edición):

Vásquez-Cortez, L. H., Pinargote-Mendoza, E. R., Díaz-Camposano, E. G., Goyes-Cabezas, M. A., Soledispa-Lucas, F. F., & Rodríguez-Cevallos, S. L. (2026). *Estrategias microbianas en fermentación de cacao para la mitigación de cadmio*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.156>

Cada uno de los textos de Editorial Grupo AEA han sido sometido a un proceso de evaluación por pares doble ciego externos (double-blindpaperreview) con base en la normativa del editorial.

Revisores:



Ing. Flores Mancheno César
Iván, PhD.

Escuela Superior Politécnica de
Chimborazo – Ecuador



Ing. Ramos Acuña Hebert
Ernesto, Mgs.

Universidad Nacional de
Huancavelica – Perú



Los libros publicados por “**Editorial Grupo AEA**” cuentan con varias indexaciones y repositorios internacionales lo que respalda la calidad de las obras. Lo puede revisar en los siguientes apartados:



Editorial Grupo AEA

 <http://www.editorialgrupo-aea.com>

 Editorial Grupo AeA

 editorialgrupoea

 Editorial Grupo AEA

Aviso Legal:

La información presentada, así como el contenido, fotografías, gráficos, cuadros, tablas y referencias de este manuscrito es de exclusiva responsabilidad del/los autor/es y no necesariamente reflejan el pensamiento de la Editorial Grupo AEA.

Derechos de autor ©

Este documento se publica bajo los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0).



El “copyright” y todos los derechos de propiedad intelectual y/o industrial sobre el contenido de esta edición son propiedad de la Editorial Grupo AEA y sus Autores. Se prohíbe rigurosamente, bajo las sanciones en las leyes, la producción o almacenamiento total y/o parcial de esta obra, ni su tratamiento informático de la presente publicación, incluyendo el diseño de la portada, así como la transmisión de la misma de ninguna forma o por cualquier medio, tanto si es electrónico, como químico, mecánico, óptico, de grabación o bien de fotocopia, sin la autorización de los titulares del copyright, salvo cuando se realice confines académicos o científicos y estrictamente no comerciales y gratuitos, debiendo citar en todo caso a la editorial. Las opiniones expresadas en los capítulos son responsabilidad de los autores.

RESEÑA DE AUTORES

**Vásquez-Cortez, Luis Humberto**

Universidad Técnica de Babahoyo

lvazquezc@utb.edu.ec<https://orcid.org/0000-0003-1850-0217>

Ingeniero en Alimentos y Magíster en Agroindustria, con una segunda Maestría en Agroindustria con especialización en Gestión de Calidad y Seguridad Alimentaria. Es egresado del Doctorado en Ingeniería de Productos y Procesos de la Industria Alimentaria por la Universidad Nacional de Cuyo (Argentina), actualmente cursa la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Universidad Estatal de Milagro y posee formación avanzada en Ciencia y Tecnología de Alimentos y Ciencias Aplicadas. Ha realizado diplomados internacionales en Docencia Superior y en Gestión de la Seguridad e Inocuidad Alimentaria. Ha sido distinguido con el Doctorado Honoris Causa por la Asociación de Magísteres, Doctores y Posdoctores de Lima (Perú) y la Cátedra UNESCO, así como por la Universidad de Gestalt (México), en reconocimiento a su trayectoria académica. Actualmente es Docente Investigador en la Universidad Técnica de Babahoyo (Ecuador), donde desarrolla proyectos en agroindustria sostenible, biotecnología aplicada y calidad alimentaria. Es autor y coautor de publicaciones científicas, libros, capítulos de libros orientadas al desarrollo sostenible.

**Pinargote-Mendoza, Edgar Rodolfo**

Universidad Técnica Estatal de Quevedo

epinargote@uteq.edu.ec<https://orcid.org/0000-0001-7745-1684>

Ingeniero Zootecnista, Magister en Gerencia de proyecto para el desarrollo graduado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). Docente investigador titular agregado 3, Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

RESEÑA DE AUTORES



Díaz-Campozano, Edison Geovanny



Universidad Técnica Estatal de Quevedo



ediazc2@uteq.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-3639-4040>



Ingeniero Químico por la Universidad Técnica de Manabí, con especializaciones en Gas Natural y en Petróleo y Derivados por la Universidad de Buenos Aires. Posee una Maestría en Agroindustria por la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí y actualmente cursa el Doctorado en Ingeniería de Productos y Procesos de la Industria Alimentaria en la Universidad Nacional de Cuyo (Argentina). Se desempeña como docente e investigador en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, en la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción. Cuenta con 20 publicaciones científicas en revistas indexadas, resultado de su trabajo en investigación aplicada, innovación tecnológica y desarrollo industrial. Su trayectoria académica y profesional integra conocimientos en ingeniería química, energía y agroindustria, orientados al fortalecimiento del sector productivo y al desarrollo sostenible.



Goyes-Cabezas, Miguel Ángel



Universidad Técnica de Babahoyo



mgoyes@utb.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0003-0154-5451>



Ingeniero Agrónomo, Magíster en Administración de Empresas y Doctor en Ciencias Agrarias por la Universidad del Zulia (Venezuela). Cuenta además con un diplomado en Docencia y Entornos Virtuales de Aprendizaje, fortaleciendo su formación pedagógica y académica. Actualmente se desempeña como docente titular en la Universidad Técnica de Babahoyo, donde también ejerce como Director del Departamento de Vínculo con la Sociedad y Prácticas Preprofesionales, promoviendo la articulación entre academia y sector productivo. En el ámbito profesional, ha acumulado amplia experiencia en el sector agroindustrial, desempeñándose como supervisor de centros de acopio y bodegas de campo en la provincia de Los Ríos. Posteriormente, ocupó el cargo de Jefe de Planta Almacenera de arroz, maíz y soya (2009–2017) en las ciudades de Babahoyo y Pueblo Viejo. Su trayectoria integra gestión académica, investigación y liderazgo técnico-productivo.

RESEÑA DE AUTORES



Soledispa-Lucas, Fausto Freddy



Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí



fausto.soledispa@uleam.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-2850-7044>



Contador Público y Economista, con diplomados Superior en Educación Universitaria por Competencias. Posee una Maestría en Administración de Empresas Mención en Dirección Financiera y es Doctor en Ciencias Administrativas por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Desde 1992 se desempeña como docente e investigador en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, donde ha impartido cátedras de microeconomía, macroeconomía, tributación, administración, contabilidad, ética y metodología de la investigación, además de colaborar con la UTE y la UTB. Ha dirigido proyectos de investigación científica en el ámbito social, económico y político. Es panelista, conferencista y consultor en instituciones públicas y privadas. Autor de artículos científicos indexados y cuatro libros académicos y culturales, ha ocupado cargos como Director Financiero del GAD Municipal de Puerto López y Decano de la Facultad de Contabilidad y Auditoría de ULEAM en dos períodos.



Rodríguez-Cevallos, Sanyi Lorena



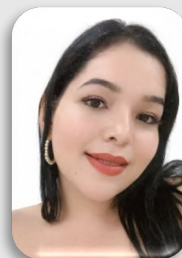
Universidad Estatal de Milagro



srodriguez17@unemi.edu.ec



<https://orcid.org/0009-0003-4684-9587>



Ingeniera en Alimentos graduada en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Actualmente cursa la Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos en la Universidad Estatal de Milagro, posee un Diplomado de Especialización en Gestión de la Seguridad e Inocuidad Alimentaria emitido por la Escuela De Posgrado Universidad De Piura, fortaleciendo su formación científica y tecnológica en el área alimentaria. Su trayectoria académica se orienta a la investigación, innovación y calidad en alimentos, con participación activa en la producción científica. Es autora y coautora de libros, capítulos de libro y artículos publicados en revistas de impacto, contribuyendo al desarrollo del conocimiento en el ámbito agroindustrial y alimentario. Además, se desempeña como par evaluador de publicaciones académicas, aportando al aseguramiento de la calidad científica. Su labor integra rigor técnico, compromiso investigativo y proyección profesional hacia el desarrollo sostenible del sector alimentario

Índice

Reseña de Autores.....	ix
Índice.....	xiii
Índice de Tablas	xix
Índice de Figuras.....	xx
Introducción.....	xxi
Capítulo I: Contextualización de la investigación	1
1.1. Problema de la investigación	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivo específico	5
1.3. Justificación	6
1.4. Marco conceptual.....	6
1.4.1. <i>Rhizobium japonicum</i>	6
1.4.2. Sensorial.....	7
1.4.3. Masa Fermentativa	7
1.4.4. Cadmio	7
1.5. Marco Referencial.....	7
1.5.1. Datos ancestrales del cacao.....	7
1.5.2. Cacao en el Ecuador	9
1.5.3. Cacao y la economía en el País	9
1.5.4. Cacao de tierras ecuatorianas sinónimo de calidad	11
1.5.5. Normas de calidad.....	13
1.5.6. Tipos de cacao en el Ecuador	15

1.5.6.1.	Cacao Nacional	16
1.5.6.2.	Cacao Forastero	16
1.5.6.3.	Cacao Trinitario	17
1.5.6.4.	El clon del Cacao CCN51	17
1.5.7.	Tipos de enfermedades del cacao	18
1.5.8.	Aspectos negativos de la utilización excesiva de agroquímicos .	19
1.5.9.	Los cuatros factores más importantes que evidencia la aparición de enfermedades en la producción cacaotera	19
1.5.9.1.	Genética	19
1.5.9.2.	Humedad adecuada y precipitación	20
1.5.9.3.	Suelo	20
1.5.9.4.	Nutrición	20
1.5.9.5.	Semielaborados del cacao	20
1.5.10.	Chocolate del Ecuador	21
1.5.11.	Taxonomía de la almendra de cacao	21
1.5.12.	Cosecha de cacao	22
1.5.12.1.	Extracción de las almendras del cacao	22
1.5.12.2.	Procesos de postcosecha	23
1.5.13.	Fermentación de la almendra de cacao	23
1.5.14.	Porcentaje de fermentación	23
1.5.15.	Fase de la fermentación	24
1.5.15.1.	Fase anaerobia (se produce en ausencia de oxígeno)	24
1.5.15.2.	Fase oxidativa de los polifenoles	24
1.5.15.3.	Fase aeróbica (se produce con oxígeno)	24
1.5.16.	El tiempo de fermentación	25
1.5.17.	Método para una óptima fermentación	26
1.5.18.	Tipos de fermentación	26

1.5.18.1.	Cajas de madera	26
1.5.18.2.	Sacos.....	26
1.5.18.3.	Montones.....	27
1.5.18.4.	Barcaza con movilidad	27
1.5.19.	Secado	27
1.5.19.1.	Secados naturales.....	28
1.5.19.2.	Secado artificial	28
1.5.20.	Calidad de la almendra por prueba de corte.....	28
1.5.21.	La fermentación y sus cambios fisiológicos a la almendra de cacao.....	29
1.5.21.1.	Habas marrones o café	29
1.5.21.2.	Habas de color marrón	29
1.5.21.3.	Habas Violetas	29
1.5.21.4.	Habas Pizarras	30
1.5.22.	Descascarillado previamente tueste	30
1.5.23.	Trituración y refinación previo a la obtención del licor de cacao.....	32
1.5.24.	Propiedades sensoriales.....	32
1.5.24.1.	Estudio de la pasta de cacao para medir sus propiedades organolépticas	32
1.5.25.	Pasta de cacao	33
1.5.26.	Degustación de la pasta de cacao	33
1.5.26.1.	Aroma	33
1.5.26.2.	Sabor.....	34
1.5.27.	Actividad enzimática que presenta el haba del cacao	34
1.5.28.	Microrganismos asociados a la fermentación del haba de cacao.....	35
1.5.28.1.	Saccharomyces cerevisiae.....	35

1.5.28.2.	Rhizobium y bradyrhizobium	35
1.5.29.	Metales pesados en el suelo.....	36
1.5.29.1.	Cadmio	37
1.5.29.2.	Reglamento del cadmio para el cacao	37
1.6.	Investigaciones relacionadas con la inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> y disminución de cadmio en cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	38
Capítulo II: Metodología de la investigación.....		41
2.1.	Localización	43
2.1.1.	Propiedades meteorológicas del lugar de estudio.....	43
2.2.	Tipo de investigación	43
2.3.	Métodos de investigación	44
2.4.	Fuentes de recopilación de Información	44
2.5.	Diseño de la investigación	45
2.5.1.	Esquema de ANDEVA.....	45
2.5.2.	Características del diseño experimental.....	45
2.5.3.	Arreglo de tratamientos	46
2.5.4.	Modelo matemático	46
2.6.	Instrumento de investigación	46
2.6.1.	Variables a estudiar	46
2.6.1.1.	Proceso de post cosecha	46
2.6.1.2.	Fermentar	47
2.6.1.3.	Inducción de <i>Rhizobium japonicum</i>	47
2.6.1.4.	Dosis de aplicación.....	48
2.6.1.5.	Hacer remociones	48
2.6.1.6.	Temperaturas optimas de fermentación.....	48
2.6.1.7.	Determinación de pH.....	48
2.6.1.8.	Grados Brix.....	49

2.6.1.9.	Secado	49
2.6.1.10.	Porcentaje de fermentación de la almendra de cacao	50
2.6.1.11.	Índice de semilla	50
2.6.1.12.	Prueba de testa y cotiledón	50
2.6.1.13.	Prueba de Corte	51
2.6.1.14.	Pasos previos para la obtención de la pasta de cacao con pureza del 100%.....	51
2.6.1.15.	Análisis Sensorial	52
2.6.1.16.	Metales Pesados	53
2.6.1.17.	Cadmio	53
2.6.1.18.	Análisis económico	53
2.7.	Tratamientos de datos	54
2.8.	Recursos humanos y materiales.....	54
2.8.1.	Materiales y equipos.....	54
2.8.1.1.	Materiales y equipos del campo	54
2.8.1.2.	Materiales de Laboratorio.....	55
Capítulo III: Resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones		57
3.1.	Efecto de las variedades de cacao sobre las variables físico - químicas, sensoriales y contenido de cadmio en almendras de cacao	59
3.1.1.	Variables físico - químicas	59
3.1.1.1.	Temperatura	59
3.1.1.2.	pH	59
3.1.1.3.	Grados Brix.....	60
3.1.1.4.	Variables de prueba de corte	60
3.1.2.	Variables sensoriales.....	61
3.2.	Efecto de inducción con <i>Rhizobium Japonicum</i> sobre las variables físicoquímicas, sensoriales y contenido de cadmio en almendras de cacao	61
3.2.1.	Variables fisicoquímicas	61

3.2.1.1.	Temperatura	61
3.2.1.2.	pH	62
3.2.1.3.	Grados Brix.....	62
3.2.1.4.	Variables de prueba de corte	63
3.2.2.	Variables sensoriales.....	63
3.3.	Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> sobre las variables fisicoquímicas, sensoriales y contenido de cadmio en almendras de cacao	64
3.3.1.	Variables fisicoquímicas	64
3.3.1.1.	Temperatura	64
3.3.1.2.	pH	65
3.3.1.3.	Grados Brix.....	67
3.3.1.4.	Variables de prueba de corte	68
3.3.2.	Variables sensoriales.....	69
3.3.3.	Concentraciones de cadmio	70
3.4.	Análisis Económico de la investigación.	72
3.5.	Conclusiones	73
3.6.	Recomendaciones	74
	Referencias Bibliográficas.....	75

Índice de Tablas

Tabla 1 Descripción y su orden taxonómico del cacao.....	7
Tabla 2 Clasificación de los granos beneficiados y la calidad requerida según la normativa.....	14
Tabla 3 Clasificación de siglas cacao fino de aroma y CCN- 51	15
Tabla 4 Productos semielaborados exportados a partir de cacao	21
Tabla 5 Comparación de almendra fermentada y no fermentada	25
Tabla 6 Clasificación de sabores percibirles en la pasta de cacao	34
Tabla 7 Productos específicos.....	37
Tabla 8 Condiciones meteorológicas del lugar de recepción	43
Tabla 9 Estructura ANDEVA.....	45
Tabla 10 Factores y niveles en estudio	46
Tabla 11 Arreglo de tratamientos.....	46
Tabla 12 Efecto de la variedad sobre la temperatura del cacao en su proceso fermentativo.....	59
Tabla 13 Efecto de la variedad sobre la temperatura del cacao en su proceso fermentativo.....	60
Tabla 14 Efecto de la variedad sobre los °Brix del cacao en su proceso fermentativo.....	60
Tabla 15 Efecto de la variedad sobre las variables de prueba de corte del cacao en su.....	61
Tabla 16 Efecto de la variedad sobre las variables sensoriales del cacao luego de su proceso fermentativo	61
Tabla 17 Efecto de la inducción con <i>Rhizobium Japonicum</i> sobre la temperatura del cacao en su proceso fermentativo.....	62
Tabla 18 Efecto de la inducción con <i>Rhizobium Japonicum</i> sobre la pH del cacao en su proceso fermentativo	62
Tabla 19 Efecto de la inducción con <i>Rhizobium Japonicum</i> sobre la °Brix del cacao en su proceso fermentativo	63
Tabla 20 Efecto de la inducción con <i>Rhizobium japonicum</i> sobre las variables de prueba de corte del cacao en su proceso fermentativo	63
Tabla 21 Efecto de la inducción con <i>Rhizobium Japonicum</i> sobre las variables sensoriales del cacao luego de su proceso fermentativo.....	64

Tabla 22 <i>Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> sobre la temperatura del cacao en su proceso fermentativo</i>	65
Tabla 23 <i>Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> sobre el pH del cacao en su proceso fermentativo</i>	67
Tabla 24 <i>Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> sobre los °Brix del cacao en su proceso fermentativo</i>	68
Tabla 25 <i>Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> sobre las variables de prueba de corte cacao en su proceso fermentativo</i>	69
Tabla 26 <i>Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> sobre las variables sensoriales cacao en su proceso fermentativo</i>	70
Tabla 27 <i>Interacción de las variedades de cacao por la inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> sobre las concentraciones de cadmio en cacao</i>	72
Tabla 28 <i>Análisis de los costos que se generaron durante la investigación experimental</i>	72

Índice de Figuras

Figura 1 <i>Estructura del haba de cacao</i>	22
---	----

Introducción

Theobroma cacao L. es una especie nativa de las regiones tropicales y subtropicales de América (América tropical) originario en el siglo XX antes de cristo, existen estudios que su procedencia data hace alrededor de 5500 años, pero se han hallado restos y evidencia química y físicas en las cuencas Amazónicas del Ecuador hallados en Zamora Chinchipe, de la variedad “fino de aroma” muy apreciado y solicitados por las industrias chocolateras internacionales (ANECACAO, 2014).

En el Ecuador actualmente existe una mina de cacao, es símbolo en el mundo agropecuario a nivel Nacional en la historia ancestral ha sido el auge cacaotero, por su calidad a la elaboración de chocolate presentando un realce económico al orden interno de mercado e impugnando plazas en el extranjero, la producción representa el 70% a nivel mundial procedentes del territorio litoral Ecuatoriano y amazónico, por motivo del cual el Ecuador se convierte unos de los mayores productores de cacao fino de aroma del mundo, el cacao es uno de los principales productos desde la antigüedad de exportación ecuatoriana. Según el instituto Nacional de Estadística y censo (INEC), el sector cacaotero representa con el 5% de la población económicamente activa nacional (PEA) y el 15 % de la PEA rural, que conforma una base primordial de la subsistencia familiar costera del país, las estribaciones de las montañas de los andes y la Amazonía ecuatoriana (Espinoza & Arteaga, 2015).

Tuvo una afectación rotundamente desfavorable y por consiguiente unas de las pérdidas económicas en la agroindustria por el desinterés del cacao ecuatoriano, esto llevó a un efecto negativo, haber perdido el primer puesto a nivel global de exportación, esto sucedió debido a los cambios en el mercado global y consecuencia de la modificación del reglamento, en lo que respecta al contenido de cadmio en los productos alimentarios (Ramos, 2014). En la actualidad las exportaciones de cacao fino de aroma especialmente hacia los mercados Europeos se pueden ver amenazados por los indicios de contaminación de metales pesado, esto creo incertidumbre a la población y al consumidor por la consecuencia de éste, ocasionando daños pulmonares críticos acompañado de reblandecimiento óseo que origina esta terrible enfermedad itai-itai que hubo un

rebrote en japon por este metal, se estima que su origen de contaminación puede prevenir de forma natural o inducidas por el hombre (Ramírez, 2002).

De suma relevancia de la industria chocolatera es de exportar a diferentes mercados internacionales, sin ningún inconveniente por las concentraciones de metal, no permitidas por este agente regulador, evitando una devolución o rebote de la producción o el producto exportado, un riesgo de alto impacto de retumbe económico resultado de pérdidas significativas, así mejorando el producto interno y externo del mundo chocolatero. En la actualidad los consumidores exigen productos de alta calidad con excelentes características.

El prensado de las almendras origina tres productos principales los cuales son: el licor de cacao, manteca de cacao, y del residuo, el polvo de cacao, todo este conjunto que componen origina la masa de cacao y este es el pilar importante para la elaboración de diferentes variedades chocolateras tomando en cuenta el consumo del producto en niños mayormente y adolescentes, la investigación se enfoca a la disminución del contenido de Cd presentes en la masa fermentativa (Casteñeda, 2004). Obteniendo minimización para mejorar la calidad mencionada pasta de cacao, para así vuelva a ganar presencia y sostenibilidad, ser reconocida por su chocolate de origen único y sublime.

El proceso a investigar y mitigar los contenidos presentes de cadmio en la almendra de cacao perjudica a la elaboración de chocolate, por lo cual se pretende inducir una bacteria gran negativa *Rhizobium japonicum* que su característica, pertenece al género *bradyrhizobium* de la familia *bradyrhizobiaceae*, es fijadora de nitrógeno atmosférico, a su vez proporcionando “N” fijo que es utilizable por las plantas, donde se aplica distintas dosis de concentraciones de Rhizobium y saber cuál es la mejor dosis a utilizar (Jordan, 1982).

La Universidad Técnica de Babahoyo y la Universidad Técnica Estatal de Quevedo pretende mitigar este problema de altos contenidos de cadmio en la producción cacaotera, a pesar de las limitaciones por la Pandemia se ha propuesto alternativas sostenibles para nuestros productores e industriales.

CAPITULO

1

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN



Contextualización de la investigación

1.1. Problema de la investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

El cacao es una de las materias primas de consumo alimentario más utilizadas para la exportación y elaboración de las industrias chocolateras. Es por ello que se debe restringir el contenido de metales pesados como lo es el cadmio, para lo cual se desea realizar concentraciones en inducción de *Rhizobium japonicum* en la pasta fermentativa en dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.): Nacional y Trinitario con el fin de determinar si presenta disminución del contenido de cadmio y así tener una mayor exportación a nivel Mundial. La pepa de oro por sus variables contenidos de cadmio es un reto para los productores porque están frente una vigorosa legislación suscrita por la Unión Europea donde indica el contenido limitante de cadmio que deben tener este producto final la pasta de cacao posteriormente a la industrialización del chocolate menciona que su limitante o igualdad no debe sobrepasar el 0.50 mg/kg de peso fresco, según la Unión Europea está vigente desde el 1 de Enero del 2019, poseer un límite de 0.3 a 0.8 mg/kg de cadmio en el chocolate y 1 mg/kg de plomo (European Food Safety Authority, 2011).

El problema que radica en la producción cacaotera es la gran incidencia de metales pesados en el suelo y como resultado productos con altas concentraciones de cadmio lo cual causa al consumidor daños renales, hepáticos e inclusive cáncer por la acumulación de los metales pesados en el organismo, la principal clave para evitar estos inconvenientes por la ingesta de este alimento, es buscar la solución para tratar de mitigar esta problemática, de tal manera que esta investigación busca por medio de la inducción de *Rhizobium japonicum* en la etapa de la post cosecha para ver su comportamiento y analizar los resultados, (Mite et al., 2010)

Diagnóstico:

Existe concentraciones de metales pesados en los suelos los cuales son absorbidos por la planta y así llegando al interior donde se concentra con mayor porcentaje en las almendras de cacao, toca resaltar si hay presencia de plomo existe la certeza que se encuentra cadmio, siendo este uno de los primordiales desafíos que se plantea y busca una solución definitiva o parcial en la industria chocolatera, investigar tratamientos para minimizar el contenido de cadmio procedente a la pasta de cacao.

Pronóstico:

Al no evaluar los contenidos de cadmio presentes en el cacao conllevaría a pérdidas de ingresos económicos de las zonas agrícolas e industrias alimentaria y nuestro cacao quedaría como uno de los productos que no tiene excelencia de calidad por eso debemos recalcar que este es un problema fundamental agroalimentario, por ello debemos ver una viabilidad proponiendo mejoras o solución para minimizar contenido de cadmio presente en la masa fermentativa induciendo esta bacteria para así disminuir los porcentajes de este metal pesado siendo favorable y seguro para la distribución y exportación.

Al tener menos porcentajes de presencia de cadmio con sus valores permitidos en la Unión Europea tendría un efecto muy favorable para la industria nacional, mejoraría la calidad de grano y las posibilidades de buscar mercados para exportar inclusive por la disminución de metales pesados automáticamente mejoraría la salud de los consumidores porque se obtendría una molienda óptima y un excelente y excéntrico chocolate gourmet muy natural y benéfico para la salud.

1.1.2. Formulación del problema

La producción de cacao en el Ecuador es de mayor notabilidad e importancia, colocándose en los primeros lugares de exportación, debido a su calidad sensorial, actualmente existe una problemática que hace énfasis en la producción debido al cadmio por motivo del mismo se plantea la siguiente interrogante: ¿Qué concentración en inducción exógena de *Rhizobium*

japonicum en fase anaerobia en la post cosecha fermentativa tendrá un efecto favorable como estrategia de solución para la disminución de cadmio?

1.1.3. Sistematización del problema

¿La inducción de la bacteria *Rhizobium japonicum* será eficaz en las propiedades de la almendra y comprobar por análisis si en la masa fermentativa del cacao existe un efecto para la disminución de cadmio?

¿Las concentraciones de *Rhizobium japonicum* influirán en el proceso fermentativo y así mejorar sus características de rendimiento y a la vez reducir el contenido de cadmio?

¿Será posible buscar una metodología en la masa fermentativa que permita potenciar la calidad de la pasta de cacao y comprobar si existe minimización de cadmio?

¿Al inducir *Rhizobium japonicum* en la masa fresca de cacao en las primeras 24 horas será posible acelerar el drenaje del mucilago siendo posible reducir la etapa fermentativa?

¿Sería capaz el microorganismo por osmosis penetrar la pared de la almendra y a su vez se active dentro de la testa? 7

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar inducción de *Rhizobium japonicum* en la masa fermentativa de dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional y Trinitario como estrategia para la disminución de cadmio.

1.2.2. Objetivo específico

- Comparar el contenido de cadmio con el Reglamento N° 488/2014 de la Unión Europea en los diferentes tratamientos.

- Analizar la calidad física - química de las almendras inducidas con *Rhizobium japonicum* en fase anaeróbica.
- Evaluar sensorialmente la pasta de cacao (*Theobroma cacao* L.) de los tratamientos de estudio.
- Realizar el análisis económico por tratamiento.

1.3. Justificación

En el Litoral ecuatoriano junto con la región amazónica juega un papel importante en la producción de los mejores cacaos fino de aroma del mundo, se caracteriza por su calidad sensorial, siendo un producto demandado por los mercados internacionales que buscan calidad en las almendras que importan, por lo cual es de gran importancia el proceso de post cosecha ya que es en esta etapa que se generan los precursores de aroma, sabor.

Es de suma importancia mencionar que este proyecto busca minimizar los porcentajes de cadmio presentes en la pasta de cacao, utilizando el microorganismo (*Rhizobium japonicum*), con el fin de regular este problema que es perjudicial tanto para el consumidor y el fabricante evitando pérdidas económicas o sanciones e intoxicaciones.

Los aportes obtenidos en esta investigación ayudarían a la industria chocolatera debido a que se remediaría este gran inconveniente que existe en la exportación, a su vez mejoraría la producción, ayudando a pequeños y medianos agricultores, dando un valor agregado a la producción ecuatoriana.

1.4. Marco conceptual

1.4.1. *Rhizobium japonicum*

Es un microorganismo que corresponde a la familia de *Rizobios* que son bacterias gram-negativas de orden de *proteobacterias alfas*, fijan nitrógeno atmosférico, que inducen en la raíz o en el tallo de las leguminosas, en el mercado actual para los agricultores es de provecho porque se aplica como inoculantes, biofertilizantes sin empobrecer los suelos a los cuales se es aplicado (Cuadrado et al., 2009).

1.4.2.Sensorial

El sabor a cacao sostiene la producción mundial de productos de cacao y chocolate, el análisis sensorial es recomendable para verificar si el producto final es aceptable para el consumidor midiendo las propiedades tanto como olor, sabor y aroma, acidez, amargor y astringencia (Solórzano et al., 2015).

1.4.3.Masa Fermentativa

Es la acción de fermentar los granos de cacao de una manera uniforme y permiten desarrollar propiedades organolépticas, atributos característicos del chocolate (Loureiro et al., 2017).

1.4.4.Cadmio

Este metal pesado tóxico de tonalidad blanca levemente azulada presente en la naturaleza genera contaminación en las aguas tanto externas y acuíferas, freáticas y en la parte de la superficie terrestre, genera intranquilidad por no degradarlo o destruirlo, por métodos externos puede ser disuelto por agentes físicos, químicos, lixiviados (Capó, 2007).

1.5. Marco Referencial

1.5.1.Datos ancestrales del cacao

Llamado árbol cacaotero o de cacao considerado unas de las especies más antiguas del mundo y productoras de variedades de alimentos y subproductos del mismo (Davie, 1935).

Tabla 1

Descripción y su orden taxonómico del cacao

Clasificación Taxonómica descriptiva del cacao	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malves
Familia	Sterculiaceae
Género	Theobroma
Especie	T. Cacao

Nota: Manual del cultivo de cacao (Arvelo, et al., 2017)

Originarios de hábitat de las selvas húmedas neotropicales endémicas de América del Sur (Motamayor, et al., 2002; Arvelo, et al., 2017), el nombre científico que fue nombrado por el científico sueco Carl Von Linné razón por la cual lleva su abreviatura “L” después del Binomio (Alvargonzález, 1992).

Theobroma cacao L, relatan datos históricos que tuvo un renombre por el imperio Azteca “Chocolats” por ser considerados como un fruto de los dioses y una historia muy antigua de sus primeros hallazgos y empleo para la elaboración de productos de esa era (Arosemena , 1991).

Sus características organolépticas óptimas tanto su sabor a la vez su aroma únicos y resaltantes, por lo tanto ganó fama e inclusive por ser un estimulante de origen natural posee alcaloides similares a los del café o té y el mismo hace función de dar estímulos a todo el sistema nervioso la teobromina nombrada en la antigüedad como xantosa es responsable de este efecto beneficioso que brindaba e incluso fuerzas a un soldado, eran bebidas que inclusive solo eran para los hombres importantes y emperadores del imperio o personas nobles denotaba elegancia y poder (Hurst et al. , 2002; Arteaga-Sacro &. Villota-Bedoya, 2016).

Existen indicios de esta planta en su domesticación remota a los mayas aproximadamente 2500 años además la bebida que era tendencia en aquella época era xchocalt, posteriormente los aztecas aprendieron de los mayas el cultivo, la cosecha y el uso de cacahuat nombrado así como cacao, este pudo ser tan valiosa que inclusive la almendra se la utilizaba como moneda un valor muy significativo para los indígenas milenarios, un rubro antiguo que se podía comprar o adquirir por medio de ellos otros productos distintos esta usanza permaneció años posteriores de la consumada la conquista española, tanto fue así que se dio la gran necesidad de aumentar y fomentar el cultivo de cacao en mayor escala procedente y originario de América (Ramírez, 2014).

Las evidencias y hallazgos arqueológicos que dan datos específicos de su origen y domesticación del cacao encontrados en los sepulcros del alto linaje de la cultura Maya donde se corrobora que el cacao fue muy simbólico para ellos siendo el cacao un fruto de mucha importancia e indispensable, estos podían ser objetos previamente analizados que fueron encontrados; símbolos en pinturas,

murales, esculturas, vasos funerarios Mayas de la alta realeza noble y jeroglíficos las investigaciones tuvo un conjunto de alto realce antropológico, etnográficos, lingüístico, epigrafía y etnohistoria y los códigos Prehispánico de Mesoamérica se pudo verificar restos de cacao y el significado que generaba la bebida y su economía y sin duda la producción del árbol de cacao (Hurst et al., 2002).

1.5.2.Cacao en el Ecuador

En la actualidad el Ecuador es mencionado a nivel internacional motivo que existen teorías y estudios realizados por la Universidad Técnica estatal de Quevedo conjunto con el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, estación experimental tropical Pichilingue y con contribución el Centro de Cooperación Internacional de Investigación Agronómica para el desarrollo del País de Francia y gracias al apoyo económico para realizar este estudio participó el Departamento de Estado de Estados Unidos Departamento de Agricultura, lo primordial del avance científico en la indagación del ADN de árboles cacaoteros milenarios Nacionales y este fue la pieza importante para determinar el origen y domesticación fue en la alta Amazónica de la zona ecuatorial (Santa Ana-la Florida, de la Provincia de Zamora Chinchipe) y este va conformar una llave principal además inapreciable para perfeccionar las cualidades para la producción e inéditos árboles de cacao aromáticos de genero Nacional (Lanaud et al., 2002).

Como otros indicios de convicción altamente científicas se encontraron rastros y partículas que se analizaron en laboratorio y este han estado presentes en las piezas arqueológicas de esta cultura antigua perteneciente al Ecuador (Lanaud et al., 2002; Zarrillo et al., 2018).

1.5.3.Cacao y la economía en el País

Ecuador la cuna del cacao y del chocolate según los antecedentes de la Organización Internacional del Cacao, el primigenio productor tanto a nivel local y sin duda global obtuvo el 60% de la demanda mundial del cacao y solo el 8% es del cacao global es fino de aroma con estos porcentajes podemos darnos cuenta la gran importancia económica que tiene la nación sobre este fruto, el

primer Boom del cacao datan desde 1750-1820 del término del siglo XVII este se volvió el producto valioso tanto económico como cultural y patrimonial en la vida el Ecuador la primera incorporación de productos primarios al mercado exterior fue en el lapso desde 1840-1920, en el periodo que entró en el mercado mundial distinguido con su nombre que fue progresismo 1884-1895 (Ortiz, 2014).

El posterior auge es del 1870 y 1925 mejor renombrado como la pepa de oro que fueron los mejores años de prosperidad y desarrollo y el tercer auge tuvo indicios aproximadamente a mediados de la primera década del siglo XXI y este sigue su curso en estos tiempos, el Ecuador resaltó en el año 2013 distinguido el mejor y de mayor productividad y exportador de cacao de continente Latino Americano ganándole las producciones del País Brasileño esto ocurrió que se produjo 220,000 toneladas métricas en la nación en ese mismo año, al contrario que la República Federativa de Brasil solo pudo llegar a 194,382 toneladas resultado de este hecho histórico Ecuador se situo el cuarto puesto de exportador mundial del cacao en 2015 (Ortiz, 2014).

El cacao como unos de los principales productos agropecuarios de orden exportador dando de orden de suma importancia un promedio de estimación anual alrededor del 6% del total exportado de nuestro país gracias al mismo y a la conquista de mercado mundiales hubo incremento del comercio y el mismo garantizó la formación de la organización de una institución bancaria sofisticada (Maiguashca, 2014; Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, 2016).

En la actualidad anualmente se exporta 300,000 toneladas de cacao por año, este incremento a escala creciente muy significativa es del 110% durante esta última década, por ende la cadena de valor que ayuda tanto productivamente y económicamente es alrededor de 600,000 familias en todo el país (Corporación Financiera Nacional, 2018), en el año 2016 representó el 80% productores pequeños, las provincias que aportan en la producción nacional corresponde: Guayas, 28%; Los Ríos, 23%; Manabí, 13% (Corporación Financiera Nacional, 2018).

En el mismo año hubo un alza de 66 Compañías centralizadas en el foco de producción de cacaotera estas están en zonas estratégicas como Guayas,

Pichincha y el Oro, brindando a 561 ciudadanos trabajo, en este mismo tiempo hubo otra alza de 32 empresas en la provincia de Pichincha generó plazas laborales alrededor de 470 personas tanto es la segmentación del mercado que beneficia a muchas familias ecuatorianas que viven del cultivo del cacao una trayectoria que dio resultado en la actualidad y de esta manera vuestro país se sitúa como el ejemplo más competitivo en Latino América gracias a sus estudios continuos e investigadores que fomentan al mejoramiento de la productividad con los estándares más altos del mercado mundial y tecnológico (Abad et al., 2020).

Los datos de ICCO, el país del continente de América del Sur tierras Ecuatorianas se cultivan unos de los mejores granos de cacao y están entre los primordiales productores a escala mundial representa con el 7% de la productividad global, el continente Africano región de África occidental que encabeza la mayor demanda del planeta esta se empodera las tres cuartas partes a nivel internacional que corresponde el 73.3% (Pipitone, 2020).

1.5.4.Cacao de tierras ecuatorianas sinónimo de calidad

En el mundo de la producción e industrialización teniendo una trayectoria satisfactoria y reconocida por varios países en el mundo de la agricultura e industrialización Alimentaria depende mucho en todo el sentido de la palabra calidad; el concepto más actual es del reconocido Ingeniero especializado en Estadística Taguchi Gen'ichi este define: "Un producto de calidad es aquel que minimiza la pérdidas para la empresa y la sociedad" (Hernández, 2017); en su totalidad se necesita aumentar y tener una mayor para que la materia prima sea óptima y por ende productos industrializados de calidad, omitir pérdidas significativas tanto para la industria y principalmente para el agricultor y la economía agropecuaria y de la agricultura este es el ingreso esencialmente para el Ecuador (Ponce, 2009).

INIAP recomienda como obtener calidad en el Cacao depende de varios factores que los que dan; material genético a cultivar que brinda mejoras de alta productividad, resistencia a las enfermedades que carece el caco y denotando excelente propiedades sensoriales unas de las mejores de América Latina en calidad organoléptica, el manejo de cultivo postcosecha evitando agroquímicos

que contengan mucha cantidad de metales pesados que esto afectaría en la recepción del cacao y por lo tanto el producto final, posteriormente el tostado del cacao en la fábrica (Quiroz, 2009).

El cacao de calidad tiene una relación estrecha con la cadena agroalimentaria tanto en la trazabilidad de la postcosecha:

Fermentación y secado; este es el más notorio en la mayoría de los agricultores a diferencia del artificial que puede afectar las cualidades de la almendra o quemado olores y aromas que no queremos en las etapas finales el más utilizado, empleado desde siglos, el secado con la luminosidad y temperatura del sol; este genera temperatura inferiores a 60°C y este manifiesta la notación e incremento brindado notas de sabores y aromas peculiares que nos hace distintos de nuestra región a las demás competencia, es de prioridad este método fermentativo porque así se evita tener una mal deseada y excesiva fermentación que alteraría a la almendra de tal manera como lo define Graziani (Graziani, 2003).

Este método fermentativo es primordial porque evita que genere propiedades sensoriales desagradables al comprador y de esta manera el grano sea el esperado para la comercialización y no perder grandes cantidades de cacao útil para la exportación (Pineda et al., 2012).

Es de importancia la calidad juega un papel importante tanto el grado y tiempo de la etapa de acidificación de los cotiledones cuando está produciéndose la fermentación por ende exista un aumento disminución de las notaciones sensoriales del aroma (Solórzano et al., 2015).

Cuando existe un anabolismo una absorción en el cotiledón es porque tuvo una reacción metabólica en la asimilación microbial de la pulpa, que estos son necesarios para producir la muerte del embrión de la almendra durante el proceso de la fermentación y estos ácidos previenen la germinación de la semilla, solubilizar las moléculas de polifenoles previenen la acción perjudicial de ciertos microorganismos que estos tienen un efecto negativo en dar sabores que alteren en el producto final y que no afecte las cualidades primordiales (Solórzano et al., 2015).

1.5.5. Normas de calidad

Estas Normas ayudan a generar productos de calidad para ser acatados por la industria, el control de calidad en el Ecuador que emite certificación de calidad es ANECACAO por no tener un documento de calidad existiría varios inconvenientes por desconfianza en la alteración de mezclas por granos sanos o con defecto, humedad, daños o enfermedades en el mercado internacional son estrictos se necesita un control y de trazabilidad de la cadena de valor (Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, 2005).

En varios países para la comercialización de cacao y compra del mismo solicitan que el producto sea óptimo y perfecto para evitar contratiempos de alguna índole que altere la economía o venta del mismo sabemos que perder un lote ocasionaría pérdidas muy significativas, la calidad depende de la negociación que sea fermentado, totalmente seco, evitar los granos quemados que alteren sus características organolépticas aroma y sabor, un cacao que no posee ningún tufo o fetidez además olores que no sean netamente del cacao, debe estar libre de inconvenientes de patógenos o de mohos y libre de alimañas (Quintero & Díaz, 2004), evitar que existan quiebres de la almendra que dañen la calidad del cacao debe ser todo homogéneo (González et al., 2018).

Para la Exportación de un cacao de excelente calidad debe pasar por varios filtros los más importantes para que sea aprobados para la comercialización y venta debe aprobar estos aspectos fundamentados por las normas de calidad INEN: 17

Norma INEN 175 (Pruebas de corte): Todo lote debe sacar una muestra para ver la calidad del grano por medio de la prueba de corte transversal y verificar si existió una adecuada fermentación o si existe incidencia de sobre fermentado a veces existe lesiones visibles por algún insecto o por hongos se puede corroborar por un análisis visual lo que perjudicaría la presencia de esta la mala aceptación del producto final como es el chocolate por las alteraciones características de los chocolates puede volverse agrio o astringente (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1987).

Norma INEN 176 (Requisitos): Define todos los pasos y propiedades que debe tener que sean óptimos y debe cumplir el cacao en grano y los diferentes

perspectivas que se debe acatar para la clasificación y posteriormente los criterios para comercializarlo (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 1918), la norma indica y decreta que el porcentaje como mínimo de fermentación de la almendra de cacao debe ser relativamente entre 70 a 85% el INEN indica que la humedad en el interior de las habas de cacao debe ser menor del 7%, referente al contenido de habas defectuosas no debe superar el 1% de granos partidos o defectuosos, una almendra de excelente calidad debe estar sin ninguna peculiaridad libre de forma total de agentes externos que afecte su propiedades sensoriales como tales agroquímicos, olores a humos, moho, ácido butírico no debe estar putrefacto entre otros (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 1918).

INEN 176:2018 es una norma que decreta los parámetros que se deben regir en las almendras de cacao y calificarlos por medio de los criterios que sean necesarios para su previa clasificación con el fin de la exportación y la comercialización en las plazas internas, el cacao debe desempeñar varios requisitos que a continuación se especifica (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 1918).

Tabla 2

Clasificación de los granos beneficiados y la calidad requerida según la normativa

Requisitos	Cacao fino			Cacao ccn51		Método de ensayo
	A.S.S.S.	A.S.S.	A.S.E.	C.S.S.	C.S.C.	
Humedad, máx., %+	7	7	7	7	7	INEN-ISO 1114
Peso de 100g	>130	>120 ^a 13	100 ^a 12	<125	110-125	A
Granos fermentado s mínimo, %	75	65	53	68	55	INEN ISO 1114
Granos violetas., máx., %	15	21	25	18	26	INEN ISO 1114
Granos pizarrosos, máx., %	9	18	18	12	15	INEN-ISO 1114
Granos mohosos, máx., %	1	2	4	2	5	INEN-ISO 1114
Totales (análisis sobre 100g), min	100	100	100	100	100	
Granos defectuosos, máx., %	0	1	3	1	3	B

Capítulo I: Contextualización de la investigación

Material relacionado al cacao, Máx., %	1	1	1	1	1	B
Material extraño, máx.%	0	0	0	0	0	B

Nota: (Autores, 2026).

Las siguientes simbologías representa a la numeración científica 0,01 en denominación científica.

- Toda cantidad másica debe ser tomada con un equipo de peso.
- Cantidades normales o iguales a 500 g de muestra.

Tabla 3

Clasificación de siglas cacao fino de aroma y CCN- 51

Clasificación de siglas cacao fino de aroma y CCN- 51	
A.S.S.S.	Arriba Superior Summer Selecto.
A.S.S.	Arriba Superior Selecto.
A.S.E.	Arriba Superior Selecto.
C.S.S.	Cacao Superior Selecto.
C.S.C.	Cacao Superior Corriente.

Nota: NORMATIVA ESTANDAR INEN N° 176: 2018 (Servicio Ecuatoriano de Normalización, 1918).

INEN 177 (Muestreo estadístico): Esta norma rige condiciones y parámetros que deben ser acatados por medio de un muestreo evidenciando la transparencia del proceso de control de calidad (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1995^a; Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1995b).

Norma ISO 2451: Define los requisitos, la clasificación y posteriormente el muestreo, los métodos de pruebas, el empaquetado, y la separación de las almendras buenas, prácticas de cuidado de almacenamiento y relacionadas con la misma y la desinfección de las habas (International Organization for Standardization, 2017).

1.5.6. Tipos de cacao en el Ecuador

Toca mencionar que los tipos de cacao el fino de aroma conocido popularmente como Nacional o Criollo y sus variedades; el cacao CCN-51 y Trinitario y Forastero (Acebo , 2016).

1.5.6.1. Cacao Nacional

Esta es muy valiosa y apetecible en los países extranjeros por su sabor y propiedades sensoriales existe demanda en las plazas más estrictas y exigentes para elaborar chocolates de alta calidad Gourmet por su excelente sabor y óptima calidad, la planta es de tamaño bajo y diferentes a los otros menos robustos, sus hojas en forma de ovalo verde claro y su habas de tonalidad blanquecina, su viabilidad que su fermentación es muy corta, de mucho tiempo atrás este era confundido por el cacao Forastero ya que sus cualidades del árbol y su fruto asemejaba al cacao Forastero gracias a las investigaciones consecutivas e interés del cacao se confirmó que el Nacional es muy cercano al cacao criollo correspondiente a parecidos de la parte de su morfología y código genético (Enríquez, 2010).

En los países internaciones es catalogado Cacao Fino de Aroma este es reconocido único en el mundo por su aroma y sabor sin igual y en los países internacionales alrededor de 200 años anteriores del 2020 en tierras del Rio Guayas donde fue la concentración para las embarcaciones para la exportación a países internacionales y desde esos tiempos este ganó fama y segmentación del mercado donde lo denominaron cacao arriba su tonalidad de la mazorca es verde posteriormente amarilla en su tiempo de madurez (Quingaísa, 2007).

Según Crawford que este cacao es la única variedad que fue cultivada, en los años 1980 denotó vuestro país como el mejor producto a nivel global y alrededor de dentro de los 10 años Ecuador fue el mejor exponente de cacao de todo el mundo (Manguashca, 2014).

1.5.6.2. Cacao Forastero

También conocido como Amazónico su almendra es tamaño menor a diferencia a las otras especies de cacao con color violeta oscuro, posee una cascara gruesa y resistente su mala cualidad es que poco aromático por su menor calidad de sabor y aroma el sabor no apetecido y poco consistente puede ser el factor por el mucilago amargo que causaría astringencia (Pinzón & Ardila, 2007), para corregir y optimizar los defectos de la almendra se necesita un intenso tueste por

ende su calidad sensorial a aromas quemados de la gran cantidad de chocolates (Arvelo, et al., 2017).

1.5.6.3. Cacao Trinitario

Es el resultado de un híbrido natural un cruce del cacao criollo conjunto con el forastero y este se lo denomino cacao trinitario (Figueira, 1994), es un árbol fuerte a plagas, insectos y productor este es el más sembrado en los cultivos de cacao en el continente de América por su adaptación a diferentes entornos ambientales (Ramírez-Guillermo, 2018), este ocupa alrededor del 10-15% de productividad global existen muchos cultivos trinitario de preferencia en América, (52) en la etapa de maduración posee un aspecto rojo leve algunos son de color anaranjado u otros con frutos verdes o con pigmentaciones, y su almendra que esta entre el color violaceo oscuro tendiendo a palo rosa (Arvelo, et al., 2017).

1.5.6.4. El clon del Cacao CCN51

Este clon solicitados anteriormente no era apetecible por su acidez y ser astringente pero actualmente en los mercados chocolateros a nivel mundial aparece catalizado como estrella en las plazas mundiales productoras de almendra de cacao pero no tiene las características frutales, rematicos y florales como el cacao fino de Aroma algunas industrias de chocolate no lo utilizan; sus características a favor son rendidores por las obtenciones de semielaborados y elaborados tiene un óptimo rendimiento y es resistente a enfermedades fúngicas es resistente a la escoba de bruja, tradicionales procede a tener mayor producción a diferencia que el cacao criollo (Espinosa, 2006)

Con una excelente trazabilidad se puede obtener chocolates de calidad, es uno de los mayores semielaborados de extracción de manteca que se generan por los altos porcentaje contenido de grasas naturales y a la vez es ventajoso para la industrial procesadora de alimentos la ventaja de este clon es auto compatible, además arroja su producción en 2 años (Codini, 2004; Montaleza et al., 2020).

Este lleva su nombre por el creador de este clon de cacao en los años 1960 en Naranjal selecciono algunos híbridos para tener todas las cualidades necesarias y este llamado CCN-51 a nombre de Colección Castro Naranjal su color que lo caracteriza es el rojo (ANECACAO, 2015).

1.5.7. Tipos de enfermedades del cacao

Grandes tamaños de la historia se ha venido utilizando agroquímicos los cuales ha generado enfermedades que han sido de favorables en las producciones e industrias procesadoras, resultado de estas malas prácticas han causado tierras infértiles de producción cacaotera donde se notó un decrecimiento económico que a su vez causan pérdidas significativas en el sector agropecuario cacaotero (Sánchez et al, 2015), es por esta razón que la utilización excesivas de funguicidas y herbicidas e insecticidas que son plaguicidas siendo estos perjudiciales por los altos contenidos de metales pesados como cadmio que a la vez contaminan el ecosistema y las tierras donde se acumula y posteriormente es captado por el árbol de cacao y a la vez afectando directamente a la almendra de cacao, pero este tiene como factor prevenir y cuidar de las enfermedades a la producción cacaotera, consecuencias de este acto la disminución de fertilidad de los suelos adicionalmente el uso de fertilizantes fosfatados para el incremento de la productividad y mejor rendimiento del fruto (Pico et al., 2012), donde la entrada principal de la economía era el auge cacaotero existieron declives para los agricultores y dueños de las empresas que tenían producciones de cacao donde género en gran tamaños en pérdidas de cultivos y las responsables fueron la Monilla y Escoba de Bruja (Pico et al., 2012).

El cacao fino de aroma “Criollo o Nacional” que es de las producciones más sensibles que sería su defecto ya que es receptor de la Moniliasis y Escoba de Bruja, a pesar del manejo integrado que son adecuados para aplicarlos; no son acogidos por los Agricultores que se dedican en la producción del cacao algo nefasto para la calidad final, la acción de mezclar entre granos del fruto sanos y enfermos produciría una alteración en el lote de producción y posterior un producto final con malas cualidades organolépticas y perdidas de ganancia (Hebbar, 2007).

En los territorios quevedeños (Quevedo) aproximadamente el 80% de los frutos enfermos poseyeron sintomatología de Monilla y el restante Escoba de Bruja y Fitoptora con el 20%, los primeros rastros de hongos en el árbol de cacao fueron en las tierras de Quevedo Provincia de Los Ríos por Rorer en 1915 (Sánchez & Garcés, 2007; Enríquez, 1979).

1.5.8. Aspectos negativos de la utilización excesiva de agroquímicos

Son causantes de generar acumulación de metales pesados en los suelos y relativamente en la mazorca y en la almendra donde se almacenan estos restos que causan reducir la calidad y pérdida económica se encuentra en ciertas plantas productoras restos de fitoextractoras de plomo, cadmio y cobre una característica negativa de la planta de cacao es su factor de bioacumulación de metales pesados y posteriormente un chocolate de pésima calidad y perjudicial al ser humano razón por la cual algunos países internacional prohíben excesiva cantidad presente de estos metales en la semilla del cacao, es recomendable usar un control biológico este usa organismos vivos para minimizar la inoculación del patógeno (Casteblanco, 2018).

1.5.9. Los cuatro factores más importantes que evidencia la aparición de enfermedades en la producción cacaotera

La aparición de estas enfermedades que son perjudiciales a la producción y siembra de cacao tiene una estrecha relación puntual en el material seleccionado de la semilla y posteriormente un mal manejo de Buenas Prácticas Agrícolas que no son las adecuadas para la productividad y acompañado del estado geo climático del lugar de siembra (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 2015).

1.5.9.1. Genética

En la actualidad se han mejorado la calidad de la semilla del cacao para ejercer un lote de cultivos que no sea susceptible a enfermedades o a pérdidas de la mazorca o poco rendimiento del mismo investigadores han mejorado la líneas de cacao usando clones de cacao que ayudan a mejorar resistencia y rentabilidad mejorando sus cualidades (Aranzazu & Jaimes ,2010), se busca en ellos permitir subir el volumen de producción por hectárea tenemos el clon aroma Pichilingue EETT800 y el Fino Pichilingue EETT801 estos mantienen su calidad organoléptica del cacao y potenciar su producción (Loor et al.,2010), las líneas híbridas son el mejoramiento del material genético, su efecto de mejoramiento de los clones ocasionan una respuesta en su genoma y en su genética

haciéndoles fuertes y rentables en producción manteniendo y mejorando sus características de aroma (Vera & Goya, 2015).

1.5.9.2. Humedad adecuada y precipitación

Lo ideal debe oscilar una precipitación por año en los cultivos de cacao debe estar alrededor de 1,500 a 2,500 mm si este rango sobrepasa existirá mayor repercusión de enfermedades criptogámicas a pesar que exista un porcentaje menor de 1,500 este sería perjudicial igualmente para los cultivos porque aparecen ataques de insectos acompañado de una humedad relativa que su rango debe ser superior a 70%, las altas lluvias en invierno produciría en las hojas de las plantas rocío y estas van a ser receptoras de enfermedades y hongos por el estado climatológico como la humedad son un enemigo mortal para el productor (Aranzazu & Jaimes ,2010).

1.5.9.3. Suelo

Un suelo demasiado húmedo provoca muchos perjuicios ocasionados por incrementos de lluvias y consecuencia de acumulación de agua o charcos posteriormente ausencia de drenaje estos a la vez incrementan el desarrollo de patógenos que genera la muerte de la planta por lo que ocasiona a que la raíz se pudra y cause muerte de la misma debe poseer el suelo excelente pH este es sinónimo de valores altos de nutrientes benéficos para el árbol de cacao (Rosas-Patiño, 2017).

1.5.9.4. Nutrición

Si la planta posee buena nutrición su efecto va ser que tenga incremento de resistencia y defensa hacer susceptibles a enfermedades además los cultivos tendrán un mejor rendimiento junto a una notable rentabilidad (Fernández, 2016).

1.5.9.5. Semielaborados del cacao

El cacao es un producto que se aprovecha al máximo desde su cascara de la mazorca e inclusive el mucilago además en año 2018 estos tuvieron el 6.33% de abastecimiento exportable de cacao y productos industrializados con \$47'00,000 donde tuvo mayor acogida en los mercados de la Unión Europea y EEUU (ANECACAO, 2019).

Tabla 4

Productos semielaborados exportados a partir de cacao

Semielaborados	Porcentajes (%)
Licor o Pasta	46.94
Polvo	28.34
Manteca	23.36
Torta	1
Nibs	0.36

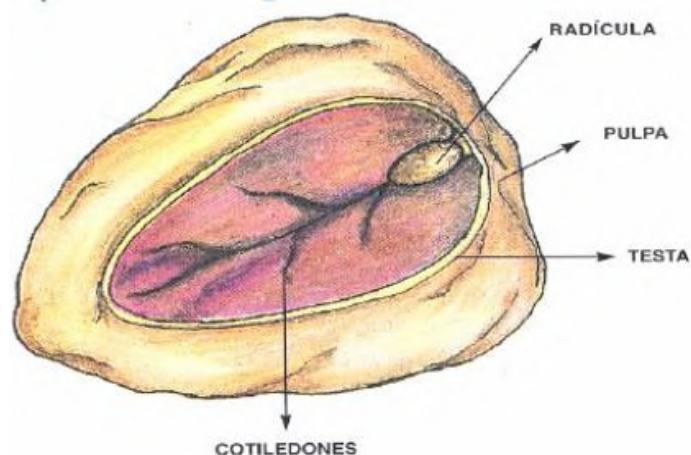
Nota: Productos semielaborados exportados según Anecaco (ANECACAO, 2019).

1.5.10. Chocolate del Ecuador

El chocolate Ecuatoriano cumple todos los estándares internacionales por el excelente cacao de selección fino de aroma, floral y además por el uso de almendras seleccionadas y cumpliendo todas las normas de calidad y de higiene libre de cualquier desperfecciona tenemos un ejemplo en la industria chocolatera Pacarí que inclusive asido galardonada consecutivamente y además produce chocolate orgánico que consiste en elaborar en temperaturas bajas un procesamiento muy ligero para así conservar los antioxidantes naturales se denota este chocolate porque no son procesador como los chocolates Gourmet y es un emplea en el mundo industrial del cacao, Ecuador es capaz de ser exportador de chocolate en mayor cantidad y liderar mercados por su gran variedades de cacaos únicos en su especie y denotar sus sabores excéntricos (Lupton et al., 2019).

1.5.11. Taxonomía de la almendra de cacao

La semilla de cacao o habas también como almendra y granos de cacao está constituido por 2 cotiledones, el embrión y la almendra esta recubierta por la cascara es de buen tamaño la semillas con una medición de una almendra posee un color que puede ser purpura de aproximadamente de 2 a 3 cm de longitud y sabor astringente y esta está rodeada y cubierta por el mucilago es altamente fuente de proteína y en materia grasa además de ser un alimento muy nutritivo su productividad aproximadamente 440 semillas por kilogramo (Suquilanda, 2012). Ver almendra de cacao en la figura 1.

Figura 1*Estructura del haba de cacao*

Nota: Virtudes y delicias del chocolate, Compañía del chocolate 1999 (Londoño, 1999)

1.5.12. Cosecha de cacao

Su procedimiento a cortar de la planta el fruto es recomendable hacerlo cuidadosamente procediendo a cortar la mazorca por la parte superior e inferior para así aprovechar al máximo y conservar su olor y sin aroma estas son utilizadas los frutos sanos y maduros esta ocurre posterior a 6 meses después de haber sido fecundada la flor la cosecha debe realizarse máximo cada 15 en épocas de invierno y 30 días en tiempos secos la selección dependerá del agricultor por ende si se selecciona semillas inmaduras las sustancias de azúcares que están presentes en la almendra esta no se encontraría en excelentes calidad para posteriormente el proceso químico y bioquímico a lo largo de la fermentación (Suárez et al., 1994).

1.5.12.1. Extracción de las almendras del cacao

Este procedimiento se procede a retirar la semilla de forma no artesanal y de forma artesanal es el drenaje de la mazorca su procedimiento es con ayuda de los dedos o con un instrumento para facilitar el labor, deslizando por las cavidades de la vena céntrica del fruto con el fin de prevenir de retirar teniendo en cuenta el mezcle con los granos es recomendable seleccionar las mazorcas que no estén enfermas o presencia de algún parásitos porque menoraran la calidad de las almendras de cacao o que la mazorca este demasiada maduras porque vamos a obtener semillas germinadas y presencias de mohos (López-Navarrete & Hernández-Gómez, 2011).

1.5.12.2. Procesos de postcosecha

Estos procesos son de importancia absoluta y estos determinan la excelente calidad del grano brindándole exquisitas propiedades organolépticas y sensoriales para que resalten su aroma, sabor y color del haba de cacao, un mal manejo de estas afectaría su calidad y un producto final desagradable para el consumidor (Ayestas et al., 2016).

1.5.13. Fermentación de la almendra de cacao

Se procede a la cura, preparación y cocinado conocidas de este modo, es la actividad que las habas seleccionadas frescas y de excelente calidad se procede a la aniquilación de embrión esto ayuda a que exista mejor calidad y desarrolle sus propiedades dando así ese sabor y ese aroma del chocolate a base de almendras de cacao ecuatorianas si no existe una fermentación óptima vamos a tener unas almendras de pésima calidad y astringentes, todo productor requiere un grano “hinchado” de tonalidad marrón y con excelentes cualidades (Teneda, 2016).

Esta etapa consiste en ubicar las almendras cosechadas de la mazorca en recipientes o a montes apropiados es recomendable recubrirlas para generar que exista las condiciones adecuadas un ambiente semicerrado y este permite un sinnúmero de alteraciones físicos y químicos y bioquímicos en lo que comprenden la almendra en lo que engloba la testa o la cascarilla tanto el mucilago que contiene en su rededor y en la parte interna del cotiledón, el proceso de fermentación puede ser en tendales con hojas de plátano también el uso de costales de yute con el fin de este uso para aumentar los parámetros de temperatura interna y la fermentación sea óptima previniendo así la proliferación de microorganismo o hongos que tiene un efecto negativo la presencia de estos y altera la etapa fermentativa (Teneda, 2016).

1.5.14. Porcentaje de fermentación

El rango y porcentaje considerable y excelente de fermentación debe ser mayor a 60% o igual, existen otro parámetro que indica que el índice de fermentación debe superar el 75% (Gutiérrez, 2012); el porcentaje mínimo que se debe requerir en la industria para el beneficio del sabor a cacao debe ser 75%, la

relación directa a considerar que el porcentaje de las habas fermentadas a diferencia con la no fermentadas debe ser mayor del 75%, estos granos de cacao bien fermentados es fácil de distinguir, la clase de almendras purpura tiene que tener un color café además de los granos que poseen aun cotiledones blancos tiene que tener un color pardo marrón claro. (Andrade-Almeida et al., 2019).

1.5.15. Fase de la fermentación

1.5.15.1. Fase anaerobia (se produce en ausencia de oxígeno)

Los microorganismos responsables y de carácter anaeróbica son por la activación de las levaduras la que ocasiona variables fenómenos químicos en los cuales los azúcares en donde se puede percibir olores muy característicos al vinagre este fenómenos sucede al darle la vuelta al grano que produce este factor de entrada de oxígeno que provoca la oxidación de los azúcares y promover bacterias benéficas que ayuda a que la pulpa proceda a transformarse en productos tales como agua, alcohol etílico a ácido acético entre otras sustancias relativas, esta primera etapa se lo realiza después de las 36 a 48 horas del inicio de la fermentación con una temperatura recomendable 45 °C en promedio (Teneda, 2016).

1.5.15.2. Fase oxidativa de los polifenoles

En esta fase por la presencia de otros microorganismos ocurre esta significativa que promueve notables cambios en el pH, esta segunda etapa se la realiza después de 48 a 80 horas del inicio de la fermentación la temperatura depende de los procesos frutales en este caso se los mantiene los grados y bajar los grados en procesos florales (Teneda, 2016).

1.5.15.3. Fase aeróbica (se produce con oxígeno)

Las bacterias y bacilos que estas tienen una resistencia a altas temperaturas y va a perjudicar la el chóclate y sus propiedades sensoriales alterando su composición organoléptica. Este último volteo que va de 100 a 120 horas posterior del inicio de fermentación la temperatura procede a decrementar a 39° C (Teneda, 2016).

Cuando las transformaciones esta terminadas los olores volátiles del vinagre tendrían que estar ausentes posteriormente se procede a la prueba de corte y alguna desconformidad en el proceso fermentativo y corroborar si existió la muerte del cotiledón o defectos como granos quebrados, pizarros o pastosos mal fermentados apenas en estas circunstancia el proceso está cerca de su finalización los microorganismos presentes como tal la *Saccharomyces cerevisiae* iniciaron a prevalecer tener en cuenta a subir más temperaturas puede ocurrir por lo general y se corre un riesgo a perder el lote por la sobre fermentación que va tener un efecto de sabor y olor desagradables como rancios esto ocurre por los carbohidratos de los microorganismos que actúan en las grasas del cacao y esto daña totalmente la calidad de la almendra de cacao (Teneda, 2016).

Las características del haba de cacao pasado el proceso de fermentación comparando la de sin fermentar y sus efectos.

Tabla 5

Comparación de almendra fermentada y no fermentada

Características	Almendras	
	Fermentada	Sin fermentar
Características	Fermentadas	Sin fermentar
Sabor	Ligeramente amarga	Astringente desagradable
Aroma	Apetecible	Desagradable
Forma	Hinchada	Aplanada
Color interno	Café oscuro	Café violeta
Textura	Quebradiza	Firme (Compacta)
Separación de la testa	Fácil	Difícil

Nota: Manual del cultivo de cacao Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias de Ecuador 1994 (Suárez et al., 1994).

1.5.16. El tiempo de fermentación

Este tiempo es importante y depende del factor del tipo de cacao las almendras del cacao Nacional debe ser entre tres a cuatros días esto depende de la cantidad del mucilago, estaría alrededor de 120 a 144 horas desde el depósito de las almendras en los recipientes. Es recomendable no mezclar almendras de cacao de varias clases o de otros días de cosechado porque esto afectaría a la fermentación y a no poder completarse y tendríamos un producto de mala calidad es aconsejable la recolección de mazorcas bien organizada es factible en pocos volúmenes y poder fermentar en el mismo día toda la cosecha (Vera et al., 2016).

1.5.17. Método para una óptima fermentación

En nuestro medio más conocidos y tradicionales para esta labor los agricultores o productores proceden hacerlos por cajas de madera, sacos de cabuya o montes y marquesinas estos mencionados son aptos para una fermentación teniendo en cuenta de acuerdo el lugar y las condiciones de su alrededor y el volumen a producir (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 2010).

1.5.18. Tipos de fermentación

1.5.18.1. Cajas de madera

Habitualmente y es de preferencia la utilización de este método porque este garantiza una absoluta calidad sensorial y sus propiedades organolépticas optimas previamente introduciendo habas de calidad si ningún defecto (Aranzazu & Jaimes ,2010).

Posteriormente a la colocación de las habas al interior es recomendable cubrir con hojas de guineo para mantener la temperatura adecuada y por 48 horas se deja reposar antes de la remoción, al momento de hacer las remociones a las almendras nuevamente se le cubre y se los deja por 48 horas posteriormente a retirar la masa al tendal, es recomendable usar maderas blancas para la construcción de estas cajas fermentadoras, por motivo que no generan algún olor o barniz que altere la calidad de la almendra de cacao es recomienda que tenga muchos orificios para el drenaje del mucilago y se drene toda la baba adicional para el excelente drene de fluidos este cajón debe estar 10 centímetros sobre el suelo (Aranzazu & Jaimes ,2010).

1.5.18.2. Sacos

Es utilizado a nivel de pequeños productores a base de costales de polietileno o cabuya o yute en el interior donde van a estar las almendras se los asegura bien y posteriormente se los coloca en el suelo no tiene mucha presencia de oxígeno ventilación y por ese motivo es muy elevado la humedad interna no es muy aconsejable la utilización de sacos de yute de nylon que presenten orificios muy pequeños y esto no va permitir el drene adecuado por lo tanto van existir

almendras con pizarras o violetas mal fermentadas por la poca ventilación y es responsable por la fermentación láctica y Buriticá (Aranzazu & Jaimes ,2010).

1.5.18.3. Montones

Estos son en las regiones de la costa generalmente por pequeños y medianos agricultores su procedimiento es colocar sobre el terreno hojas de guineo o construidas con productos de origen de las hojas de plantas o vegetales que este ayude que no esté

directamente teniendo contacto con el terreno para evitar hinchados o mal drenaje y pésima fermentación evitando la aparición de mohos o hongos, las almendras se lo colca en forma de rumas deben se protegidas con las hojas guineo o de tipo vegetal o yute para poder controlar la temperatura interna y la fermentación adecuada que no exista escape de calor (Aranzazu & Jaimes ,2010).

Es recomendable utilizar un recubrimiento para que proteja los rumos así evitar el sol directo hacia la producción, posteriormente se los deja 3 días aproximadamente dependiendo el tipo de cacao, pero en este caso regiría para los de genética trinitario o híbridos en el caso del forastero 6 a 8 días (Aranzazu & Jaimes ,2010).

1.5.18.4. Barcaza con movilidad

Su construcción es a base de caña o madera es doble propósito ayuda a fermentar y a la vez como tendales para sacar la almendra de cacao son unos de los más viejos de utilización tiene un parecido con las marquesinas, pero esta depende de un techo translucido que permite la entrada de la luz solar es utilizado donde la temperatura y el clima cambian bruscamente (Aranzazu & Jaimes ,2010).

1.5.19. Secado

Esta proceso proporciona las ultimas características del grano de cacao ayuda a reducir la humedad interna delos granos fermentados posterior a la fermentación estos poseen un valor de 55% al 60% de humedad que debe descender a 7% después para fortalecer las condiciones de almacenamiento y

tenga una prestigiosa conserva en el mercado en este proceso culmina la acción oxidativa y su transformación de los polifenoles ya presenta su color característico y deseado para el mercado para luego ser industrializado como chocolate, es recomendable tener cuidado en el momento del secado por cualquier sustancia que proceda a generar malos olores para el grano de cacao alterando sus propiedades organolépticas (Aranzazu & Jaimes ,2010).

1.5.19.1. Secados naturales

Estos son los más utilizados en nuestras regiones utilizando madera o cañas guaduas o el cemento este se obtiene con la luminosidad y el calor del sol es muy amigable económicamente es de preferencia porque es de proceso lento y paulatino y de esta forma las habas generar propiedades bioquímicas internas con esta potencia la excelente propiedad organolépticas y característicos de los mismo (Aranzazu & Jaimes ,2010).

Se utiliza para la remoción de la masa de caca utensilios de madera para que exista un calor y secado homogéneo no es recomendable la utilización de utensilios de metal dañando la apariencia del grano por su rigidez su duración es alrededor de 6 a 7 días con la ayuda del sol para así llegar la temperatura adecuada de humedad para esquivar la proliferación de patógenos (Aranzazu & Jaimes ,2010).

1.5.19.2. Secado artificial

Se usa algunas variantes del combustible para poder mantener la temperatura y el secado existe sistema eléctrico es más económico que la primera, pero no es recomendable por la quemadura parcial o completa del grano perjudicando la producción de esta (Aranzazu & Jaimes ,2010).

1.5.20. Calidad de la almendra por prueba de corte

Esta se realiza para determinar si los granos de cacao están en condiciones óptimas y si existió alguna alteración en este proceso de fermentación para evitar contra tiempo en la industrialización del chocolate estas se denota las propiedades sensoriales finales muy diferente a una almendra mal fermentada produce un sabor astringente y acidez al realizar este proceso por un examen

visual conjunto de algunos instrumentos tales como la cortadora de granos es recomendable la selección de una muestra al azar de 100 almendras y se le corta en forma transversal con el fin de verificar la cantidad de almendra fermentada observando que haya cumplido una óptima fermentación además por este método ver imperfecciones y sabores no apetecibles en la pasta del cacao (Álvarez et al., 2010).

1.5.21. La fermentación y sus cambios fisiológicos a la almendra de cacao

Estas se pueden verificar mediante pruebas visuales por medio de la técnica de prueba de corte para clasificar la colorimetría interna de la almendra también como las estrías formadoras por la acción de la fermentación (Rivera et al., 2012).

1.5.21.1. Habas marrones o café

Esta se caracteriza por tener una acción fermentativa completa y optima, por la presencia de los ácidos causantes de la muerte del embrión procediendo a las aperturas de las vacuolas celulares de pigmentación. Con estas cualidades se procede a elaborar un chocolate de alta calidad gourmet y muy apetecible al paladar (Vera et al., 2016).

1.5.21.2. Habas de color marrón

Estas tienen bordes de color violeta han tenido solo una acción de fermentación parcial y una parte de las vacuolas están intactas porque los ácidos no han accionado completamente, el cotiledón de la almendra está parcialmente compacto, la testa esta mesuradamente suelta sus cualidades organolépticas son aceptables, pero para industrializar chocolate per no es óptimo para chocolates Gourmet (Vera et al., 2016).

1.5.21.3. Habas Violetas

Sus cotiledones tienen una colorimetría gris o verdoso y aspecto compacto su fermentación no ha sido completa su acidez es demasiada alta y excesiva originario por la pulpa la forma fisiológica de la almendra no presenta hinchazón y la parte interna esta compacta lo que se denomina una almendra con

características sensoriales astringentes y acidas desagradables para el consumidor y no se puede elaborar chocolate de calidad (Vera et al., 2016).

1.5.21.4. Habas Pizarras

Su característica cuyos cotiledones son de tonalidad gris, oscuro negruzco o verduzco no han podido ser fermentadas ni total ni parcialmente por variadas razones en otros casos por provenir de frutos de cacao pintones la parte interna es demasiada compacta producto de lo cual generan características amargas y astringentes de mucha intensidad, los colores que presentan estas habas son perjudicial y es un imperfecto muy negativo para la industria tanto productora y chocolatero (Vera et al., 2016).

1.5.22. Descascarillado previamente tueste

El tueste o tostado de las almendras de cacao se lo puede realizar por pailas de barro para tener una homogenización de temperatura, realizarse continuas remociones para un tueste optimo con el fin de que sea de fácil acceso el desprendimiento de la cascarilla o testa y por ende quede solo el cotiledón expuesto este proceso ayuda a que los precursores que da un importante valor del sabor característica significativa de los olores y aromas característicos y típicos del sabor del chocolate estos ayudan; los azúcares, aminoácidos y otras reacciones que se generan en el proceso fermentativo, además de la aparición de notas organolépticas que es primordial en el producto terminado sabor a nuez, sabor frutal y floral pero todo depende del tipo y materia prima que se haya elaborado el chocolate (Vega et al., 2016).

Para que exista una reducción del 2.5 de contenido de agua se procede al tostado, eliminación del ácido acético parcialmente y genera la aparición y desarrollo de propiedades aromáticas por el esfuerzo sometido a proceso térmico; es primordial tener un exhaustivo seguimiento que se debe controlar dos variables muy significativas en el proceso del tueste que son la temperatura y el tiempo, a mucho tiempo y altos grados centígrados de tostado es perjudicial en las propiedades y características sensoriales y sus notas aromáticas, denotando olores extraños como ahumados o quemado y esto afecta al obtener un licor de mala calidad teniendo en cuenta que el proceso fermentativo es unos de los más

principales para obtener y desarrollar aroma por medio del tostado (Álvarez, 2020).

Para mantener las propiedades organolépticas típicas del cacao se debe seguir el régimen recomendado de torrefacción de relación tiempo y temperatura que debe ser de 120 a 150 grados centígrados por 18 a 25 minutos para que exista una pasta de cacao adecuada y optima, estas variables son de suma importancia porque son los principales precursores de aroma y sabores característicos del chocolate, este proceso es recomendado para conservar las propiedades y cualidades organolépticas y el aroma de la pepa de oro este proceso es muy exhaustivo y se debe manejar con cautela y precaución para no alterar las características y por ende que no alteren el aroma y sabor de chocolate la clave está en este proceso porque desarrolla alrededor de 400 aromas aproximadamente, todo depende de la torrefacción para que se pueda producir un chocolate de alta calidad (Aldave, 2016).

En el transcurso del proceso del tueste va ocurrir un cambio en la tono de la haba de cacao esto ocurre por efecto de las reacciones que están sometidas llamado el pardeamiento; esta generaliza varias reacciones entre ellas las oxidaciones, degradación de proteínas la polimerización de los polifenoles y la reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático que este produce componentes derivados de las respuestas de azúcares reductores y aminoácidos, aquel fenómeno produce varias interacciones y generando pigmentos llamados melanoidinas que es principal y colabora en la actividad antioxidante (sabores y colores de la almendra después del tueste) tener en cuenta que existe la relación tiempo y temperatura, a diferencia en el sabor y aroma poseen favor en las distintas temperaturas y el tiempo que la almendra de cacao este en el proceso del tueste con el fin de disminuir la carga microbiana de m/o como la salmonella entre otros, de esta manera haciendo más fácil el descascarillado y mejorar su color (Calderón, 2016).

El buen manejo de un buen tueste va asegurar la eliminación de ácidos volátiles son unos que producen la consecuencia de producir cambios en las propiedades organolépticas alterando de este modo dan sabores amargos astringentes y ácidos, los grados centígrados y la variabilidad del tiempo además el grado de

humedad que tienen interacción en la actividad del tueste tienen una dependiente de la clase de almendra que vamos usar además la variedad de producto final del chocolate o subproductos que se requiere elaborar (Calderón, 2016).

1.5.23. Trituración y refinación previo a la obtención del licor de cacao

La trituración tiene un efecto favorable a la hora de procesar las almendras de cacao por medio de un molino que va a ejercer la molienda para obtener una alteración física en las semillas enteras pasar siendo trituradas para la reducción de su tamaño, el refinado va a mejorar para que no exista gránulos y este no tenga inconvenientes a la hora de consumir o que afecta o sea hallado por las papilas gustativas es recomendable que sea menor de 40 micras los gránulos (Calderón, 2016).

1.5.24. Propiedades sensoriales

Las propiedades sensoriales se alteran con facilidad por agentes o fenómenos externos afectando de este modo la calidad sensorial porque tiene una característica muy susceptible a impregnarse olores ajenas al aroma de cacao e inclusive teniendo un efecto desagradable si existe una sobre fermentación en el tueste o en la molienda produciendo alteraciones sensoriales como ahumado, quemado tenemos que tener cuidado con agentes químicos que dañarían las propiedades de las almendras de cacao y el chocolate es recomendable que el secado y la fermentación sea de forma natural donde los aromas se desarrollan sus condiciones correctamente sus cualidades características típicas del cacao (Solórzano et al., 2015).

1.5.24.1. Estudio de la pasta de cacao para medir sus propiedades organolépticas

Dicho estudio nos ayuda a conocer las propiedades medibles que posee la pasta de cacao al 100% (sabor, aroma, intensidad, amargor, acidez) determinando la calidad específica de sus propiedades; este proceso se realiza con un panel de cata semi entrenado que sepa distinguir las siguientes variables sensoriales; el objetivo principal de llevar a cabo un catación sensorial de un alimento en este

licor de cacao es de determinar las mejoras que puede tener teniendo en cuenta un cacao sin inducción no va tener las mismas propiedades sensoriales que una pasta de cacao inducido este proceso se necesita de los 5 sentidos los cuales conforman haciendo un escaneo visual para determinar la escala de intensidad del producto pasta de cacao, el olfato que va determinar el olor escalar, las papilas gustativas va percibir el aroma que son las que determinan o perciben amargor, sabor, acidez, aromas, astringencia. los cuales determinan un mercado según la apreciación recibida por las panelitas y esto va a definir la calidad y el consumo, donde se va a posesionar en la plaza (Vallejo et al., 2016; Solórzano et al., 2015).

1.5.25. Pasta de cacao

El licor de cacao o mejor conocido como pasta de cacao es el proceso obtenido mediante la alteración de sus propiedades físicas de los granos de cacao, por medio del efecto de la mecánica de las almendras de cacao previamente cumpliendo su fermentación óptima y estos secos anteriormente pasados por un filtro de mejoramiento de calidad del proceso tales como limpieza, descarrillado y el tueste estos deben estar totalmente libre de impurezas o agentes externos como químicos u olores extraños; su elaboración de la pasta de cacao debe pasar por una serie de etapas las cuales se detalla a continuación (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 1988; Vallejo et al., 2016).

1.5.26. Degustación de la pasta de cacao

Al ejercer la catación a un producto alimenticio es calificar y cuantificarlas cualidades sensoriales por medio de una hoja de cata y establecida, el catador debe percibir las características más marcas y fuertes que posee el licor de cacao por medio del gusto, textura, color, aroma, entre otros (Vallejo et al., 2016).

1.5.26.1. Aroma

La percepción del aroma es determinada por el sentido olfativo el cual determina propiedades volátiles que genera algún producto (pasta de cacao) que desprenden las almendras de cacao bien fermentadas las cuales son percibidos mediante los sentidos olfativo y papilas gustativas (Vallejo et al., 2016).

Es de suma importancia el control exhaustivo en el momento del proceso de la fermentación por la interacción de los ácidos acéticos y lácticos como consecuencia generando un olor ácido fuerte por eso no debe existir una sobre fermentación que sea negativa para el consumidor y alterando la calidad final del producto (Vallejo et al., 2016).

1.5.26.2. Sabor

Las características del sabor que conforman lo astringente, ácido y azucarado tiene efecto por las condiciones fermentativas, la pasta puede medirse por 3 aspectos que son; básicos, específicos y adquiridos (Vallejo et al., 2016).

Tabla 6

Clasificación de sabores percibirles en la pasta de cacao

Clasificación de sabores					
Sabores básicos:	Acidez	Amargor	Astringencia	Dulce	Cacao
Sabores específicos:	Floral	Frutal	Nuez	Frutas secas	Frutas frescas
Sabores ajenos:	Mohosos	Químico	Ahumado	Verde/manchoso.	Tierra

Nota: INIAP (Vallejo et al., 2016).

1.5.27. Actividad enzimática que presenta el haba del cacao

En condiciones aptas y en presencias de las enzimas estas pueden disminuir a los azúcares, dado este proceso también influye al ácido el cual es reducido, en este caso hay variación en la tonalidad (desde amarillo oscuro a marrón), es evidente resaltar que durante la fermentación su periodo de actividad es en el primer día como actividad máxima (Molina & Espín, 2014).

Debido a que el complejo enzimático tiene por hecho múltiples enzimas las pruebas que se pueden emplear son: actividad en la superficie del filtro, actividad sobre carboximetil- celulosa (CMC) y Beta- glucosidasa (Alfonse et al., 1986).

A través de las enzimas oxidasa existen reportes de bacterias presentes el lactobacillus tanto para producción y degradación a este otro mecanismo de producción es la descarboxilación oxidativa de aminoácidos que son potenciadores y generadores de capacidad y procesos términos acompañado de la degradación de strecker que favorece dirceamente en la ejecución del tostado de la almendra del cacao (Mejía-Reyes et al., 2018).

1.5.28. Microorganismos asociados a la fermentación del haba de cacao

Los patógenos involucrados en la fermentación del haba de cacao son benéficas ayuda a una fermentación adecuada la primera parte generada por las levaduras por el medio donde se forman y la temperatura adecuada que drena los azúcares del mucilago de la almendra de cacao, posteriormente las bacterias acéticas y bacterias lácticas que participan en este proceso (Wacher, 2011).

1.5.28.1. *Saccharomyces cerevisiae*

Esta bacteria ayuda a brinda una excelente fermentación y permite a desarrollar los respectivos aromas y sabores primordialmente en la formación de propiedades organolépticas sin la ayuda de este no hubiera un extracción del líquido del mucilago que conllevaría a un sabor amargo y de pésima calidad y permitiendo que en el proceso fermentativo se mantenga su temperatura y su actividad además son metabolizadas por estas bacterias que son precursoras de etanol y ácido acético que ayudan a la formación de propiedades tanto físicos como químicos en la haba de cacao y esta a su vez mejora la calidad de la almendra para su comercialización (Otárola, 2011).

1.5.28.2. *Rhizobium y bradyrhizobium*

Unos de los defectos muy notables en tierras de América Latina son relativamente un pH muy ácido y muy escaso de la presencia de nitrógeno, la aplicación de esta bacteria es para inducir nodulación y fijar el nitrógeno en las leguminosas y estas han sido muy importante a escoger por su excelente aceptación, este se presenta en la capa atmosférica como gas 79% por lo tanto es imposible la absorción y asimilarlo para su aprovechamiento para las plantas o animales por su ubicación pero por la inducción de estas bacterias es posible transformar sus propiedades y sea de asimilación para el ser vivo en este caso la planta (Bécquer et al., 2011).

Estos microorganismos o llamados Rizobios inducen en las partes importantes de la leguminosa formando nódulos en las raíces para captar nitrógeno este se minimiza a amonio esta simbiosis entre el 60 a 80 de fijación biológica su prioridad es que la planta leguminosa se nutra sin la utilización de alguno

agroquímico que contenga nitrógeno y por ende evitar que las propiedades del suelo se minimice y exista un defecto desfavorable porque al utilizar estos químicos conllevaría a generar metales pesado y contaminación se aplicado en la industria agropecuaria la utilización de biofertilizantes a base de estas bacterias nitrificantes (Bécquer et al., 2011).

Estos en su taxonomía se estima en punto polifásico que intervienen características morfológicas, bioquímica, fisiológicas, genéticas y filogenia, u otras variantes y por estas variantes no se procede a acelerar estudios de tipo genético sin que haya existido identificación de sus propiedades fenotípicas (6), su fenotipo y sus cualidades emite patrones de la aplicación de fuente de “C” y “N” y resistentes a antibióticos entre otras como una de ellas la retención de metales pesados (Bécquer et al., 2011).

Para que exista una simbiosis los terrenos deben ser muy rico en nitrógeno o derivados de “N” existen varios factores:

Factor Químicos: concentraciones de cloruros de sodio, metales, temperatura, pH, niveles de aluminio, magnesio en niveles tóxicos y en niveles menos como calcio, magnesio, potasio y molibdeno (Villanueva & Quintana , 2012); los factores físicos: tenemos la erosiones, las yerbas, o que el sedimento sea suelos arcillosos, expansivos, profundos o con presencia de grietas (Wright et al., 1988), factores biológicos: Por algún ataque viral o bacteriológico que inhiben la nodulación (Cuadrado et al., 2009).

Al utilizar estas bacterias con capacidad nitrogenada como biofertilizantes esto sería una alternativa muy prudente para enriquecer los suelos generarlos en el sector agropecuario productor de cultivos cacaoteros y evitar la contaminación por agroquímicos que conllevaría a la acumulación de sales y de metales pesados que afectaría a la productividad y sus propiedades del suelo y sus nutrientes (Posada, 1952; Marcondes et al., 2014).

1.5.29. Metales pesados en el suelo

La existencia de cadmio en el suelo es por varias variantes tanto puede ser de forma natural esta se refiere a la meteorización de residuos de la actividad volcánicas restos

de rocas que contengan estos metales, actividad de quemados de bosques o del terreno, erosiones o de forma antropogénica que son principalmente por desperdicios mineros o de la industria tanto de los agroquímicos generados por la producción agropecuaria que posea como ingredientes de As, Pb, Cu y Cd (metales pesados) como también por el riego e instalaciones y fertilización y esta va a generar que los suelos se contaminen en altos porcentajes de cadmio y este va a generar una bioacumulación de este metal en los árboles o plantas se presentan en la raíces posteriormente contaminar el tejido tanto de las partes del tallo o hojas y afectar completamente las semillas de la planta o árbol (Meter et al., 2019).

1.5.29.1. Cadmio

Este no se evidencia la existencia en el ambiente como un metal puro, se encuentra comúnmente en la naturaleza en forma de óxidos complejos sulfuros, carbonatos en el cinc, plomo y menas de cobre (Londoño et al., 2016).

1.5.29.2. Reglamento del cadmio para el cacao

Este reglamento que es de la unión europea N°488/2014 de la comisión de 12 de mayo del 2014 que menciona los porcentajes máximos de cadmio en los productos alimenticios en el caso para el cacao los límites permisibles de chocolate:

Tabla 7
Productos específicos

Productos específicos de cacao y chocolate.	
Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao <30%	0.10 a partir del 1 de enero del 2019
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao <50%, chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao ≥30%	0.30 a partir del 1 de enero de 2019
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao ≥50%	0.80 a partir del 1 de enero de 2019
Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (Chocolate para beber)	0.60 a partir del 1 de enero de 2019

Nota: Diario oficial de la Unión Europea (Comisión Europea, 2014).

El Ecuador es uno de los principales productores de cacao en el mundo siendo esta una entrada económica muy importante para el país teniendo en cuenta que

en la actualidad rigen normas de alta calidad que permiten porcentajes de cacao en el chocolate y así perjudicando el lote de exportación, el cadmio causa daños al consumirlo en exceso en productos intoxicados de este, realmente es perjudicial para el agricultor y productor por lo que la planta de cacao absorbe este metal pesado y lo contamina lo almacena en la almendra Ecuador fue vetado por este mal del cadmio pero gracias a Investigaciones del INIAP se está mejorando la calidad y biorreductores para minimizar el contenido de cadmio presente en la habas de cacao (Meter et al., 2019).

1.6. Investigaciones relacionadas con la inducción de *Rhizobium japonicum* y disminución de cadmio en cacao (*Theobroma cacao* L.)

Cuadrado et al. (2009; Cuadrado et al., 2009). Su motivo de investigación es ver la acción de varias cepas de *Rhizobium* que en total fueron 52 cepas aisladas del frijol caupi V teniendo de importancia su base morfológica y resistencia de metales o elementos traza, se verifico que estas bacterias que son catalogadas como bionoculantes y el desarrollo de estas leguminosas es en ambientes hostiles y estas se emplea un inoculante de las cepas, existe la evidencia en estudios. según el autor nos menciona que la investigación tomó en consideración la tolerancia a estrés salino, metales, es de mucha importancia ejecutar en prácticas en medios de campo para ver su comportamiento y si los nódulos de la planta se desarrollan a mayor tamaño en la raíz.

Cedeño et al. (2017) su objetivo fue medir y analizar el efecto para promover el desarrollo y aumento de producción en tres variedades de soja tales ICA-P34; INIAP-308; INIAP-307 con la adición de *Bradyrhizobium japonicum*, *Pseudomonas varonil* R4 y *Pseudomonas fluorescens* CHA0 comenta que el desarrollo de nódulos es evidente y a su vez se incrementa la raíz principal y números de nódulos inoculados en la soja con *Bradyrhizobium* existió un incremento en LR de 5.3 y 9 cm en las variedades estudiadas de este vegetal y se comprobó los cambios tantos morfológicos y fisiológicos en los tejidos de la semillas por efecto de la síntesis de estas bacterias, se corroboró que al adicionar esta Bacteria *Bradyrhizobium japonicum* su desarrollo fue temprano

entre los 35, 45, 42 días mientras los otros vegetales no inoculados fue más tardío 42, 48, 51 días.

La aplicación de este microorganismo mejoraría la producción por los procesos de simbiosis entre la soja y su mejoramiento representa un aumento de 48% con la aplicación de la bacteria fijador nitrificante *Bradyrhizobium japonicum*, de esta forma se minimizaría la necesidad de la aplicación de fertilizantes minerales edáficos exógenos que afectaría notablemente en los suelos y en la planta.

Meter et al. (2019), recopilación de estudios, a base de la afectación del cadmio y la contaminación de las almendras de cacao por medio de los metales pesados, externa o interna ya que esa bioacumulación de cd es transportada desde la raíces, pasa por el tronco y posteriormente llegar a la frutas por medio del floema contaminando la mazorca, cáscaras de la almendra y los granos de cacao, los cuales son empleados principalmente en la elaboración de chocolate, comenta que existe varios factores que afectan a esta absorción por la calidad de suelos o por contaminación ecotoxicológica del cadmio por productos de agroquímicos para la fertilización o para pesticidas que ocasionaría contaminación en los cultivos.

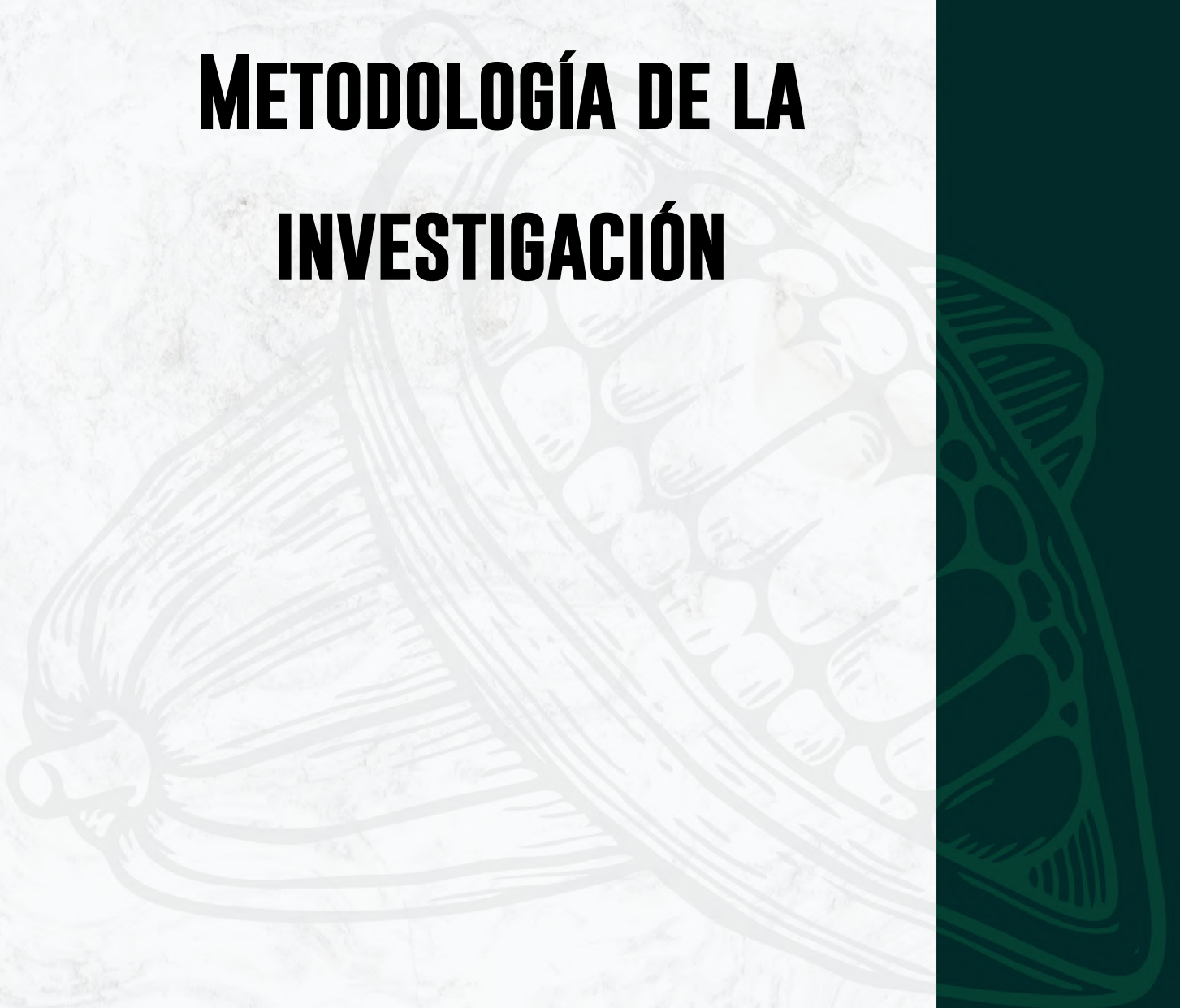
Menciona que se puede conseguir una biorremediación con la utilización de organismos vivos para eliminar o neutralizar porcentajes significativos en los cultivos o plantaciones, ayudando a reducir el cadmio que está presente en el árbol, a su vez menciona que sería factible el mejoramiento de tratamiento de la post cosecha en la almendra de cacao mitigando el cadmio contenido en las almendras en la etapa de fermentación. También menciona que las empresas privadas están empleando la microbiología y nanotecnología y han podido minimizar el 20 al 25% de concentraciones de metales pesados.

Todos estos avances de investigaciones ayudan a mejorar la calidad del cacao ecuatoriano, de esta manera los productores e industrias chocolateras podrán tener un realce económico pudiendo ingresar a mercados internacionales nuestros productos según la norma de la Unión Europea.

CAPITULO

2

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN



Metodología de la investigación

2.1. Localización

La investigación se generó en la Finca Experimental “La Represa” forma parte de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo localizado en el recinto Fanta en el km 7.5 vía Quevedo San Carlos, Provincia de Los Ríos. Su situación Geográfica es 1° 03'18" de latitud Sur y 79° 25' 24" de longitud Oeste, ubicada en una demarcación catalogada como bosque tropical húmedo aproximadamente a la altura de 90 msnm este lugar fue de provisión de las mazorcas de cacao, pertenecientes a los previos de la misma Universidad (Álvarez et al., 2020).

2.1.1. Propiedades meteorológicas del lugar de estudio

Tabla 8

Condiciones meteorológicas del lugar de recepción

Datos meteorológicos		Valores medios
Temperatura, grados Celsius:		23.4
Porcentaje de Humedad relativa		87
media:		
Heliofanía, hora luz/mes		67.4
Precipitación, mm/mensual		140.8
Topografía del terreno		Plana
Textura del suelo		Franco-arcilloso
pH		5.7 (ligeramente ácido)

Nota: Información Anual Meteorológica de la Finca Experimental la “La Represa” (Vera & Goya, 2015)

2.2. Tipo de investigación

El expuesto estudio que se efectuó tubo un aspecto que se catalogó de tipo experimental, Exploratoria, Descriptiva y Explicativa y que es relacionada con el tipo de investigación: desarrollo de mejoramiento de calidad en la producción de fermentación de cacao para suscitar la aplicación e inducción de *Rhizobium japonicum* para aprovechar al máximo la almendra materia principal para la elaboración de pasta de cacao. La presente investigación contribuye a las áreas agroalimentaria, agroindustria y producción alimentaria; Desarrollo de conocimiento e innovación en la industria alimentaria proporcionando la

diminución de cadmio presentes en la almendra de cacao, materia prima principal de exportación del País de la Republica del Ecuador.

2.3. Métodos de investigación

Método Exploratoria: Trata de que el investigador se familiarice con el tema propuesto de estudio ya que este método se utiliza con el fin de conocer próximas investigaciones en este caso explorar los porcentajes de inducción de *Rhizobium japonicum* en la fermentación de cacao (Vera et al., 2018).

Método Descriptivo: Nos ayuda a buscar y especificar las propiedades y sus características de estudio y objeto a analizar de algún suceso o problema que se indujo a supeditar a un análisis, vamos a describir el proceso y la reacción durante la etapa de post cosecha del cacao si en la posible disminución de cadmio (Vera et al., 2018).

Método Explicativo: Permite contestar por los procesos de las situaciones y explicando lo que sucede en el fenómeno explicando las razones o por qué sucede acorde a los resultados de origen experimental que tiene enlace de las variables investigadas, explicando el procedimiento en la aplicación y los resultados obtenidos (Vera et al., 2018).

2.4. Fuentes de recopilación de Información

La investigación planteada se sustentó de bases tanto de fuentes primarias, un estudio de trabajo que se ocasionó en observaciones directamente asociadas con el campo de estudio, que engloba la recopilación de los datos de las variables; y con la ayuda de fuentes secundarias que se encuentran especificadas tales como revistas científicas, libros, artículos científicos tanto de orden Nacional como Internacional.

2.5. Diseño de la investigación

En la presente investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar Bifactorial (DCA) con un modelo bifactorial con 3 repeticiones, como primer factor de inducción *Rhizobium japonicum* (0, 3, 5% por cada dos kilos de masa fermentativa o 0. 60 y 100 mL de producto líquido, respectivamente) como segundo factor variedades de cacao (Nacional y Trinitario), para determinar diferencia entre medias se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey al ($p \leq 0.05$) si existe diferencia o igualdad en los tratamientos.

2.5.1. Esquema de ANDEVA

Tabla 9

Estructura ANDEVA

Fuente de Variación		Grados de Libertad
Tratamientos	$j*v-1$	5
Factor de <i>Rhizobium japonicum</i>	$(j-1)$	2
Factor Variedad	$(v-1)$	1
Int $j*v$	$(j-1) (v-1)$	2
Error Experimental	$(j*v) (r-1)$	12
Total	$j*v*n-1$	17

Nota: (Autores, 2026).

Se procedió a utilizar para el cálculo de análisis de datos el ANOVA análisis de varianza y las medias se compararon utilizando la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) se trabajó con un software Estadístico SAS.

2.5.2. Características del diseño experimental

Para la determinación de los niveles del *Rhizobium japonicum* se tomó en cuenta la medida por cada dos kilos de masa fermentativa o 0. 60 y 100 mL de producto líquido, respectivamente) como segundo factor variedades de cacao (Nacional y Trinitario; Revoredo, 2018); se determinó en estudio exploratorio ya que no existe algún parámetro específico o recomendado y en ningún reglamento legislativo, determinando los porcentajes según las medidas de nuestras celdas se determinó que es de 3% y el 5% para en la aplicación de los tratamientos de la masa fermentativa fresca de cacao.

Tabla 10
Factores y niveles en estudio

Factor variedad		Factor <i>Rhizobium Japonicum</i>	
Niveles	Vo (nacional)		J0 0 %
		Niveles	J1 3 %
	V1 (trinitario)		J2 5%

Nota: (Autores, 2026).

2.5.3.Arreglo de tratamientos

Tabla 11
Arreglo de tratamientos

N°	Código	Descripción
1	v0j0	Cacao Nacionalsin <i>Rhizobium japonicum</i> (testigo)
2	v0j1	Cacao Nacional con inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> (3 %)
3	v0j2	Cacao Nacional con inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> (5%)
4	v1j0	Cacao Trinitario sin de <i>Rhizobium japonicum</i> (testigo)
5	v1j1	Cacao Trinitario con inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> (3%)
6	v1j2	Cacao Trinitario con inducción de <i>Rhizobium japonicum</i> (5%)

Nota: (Autores, 2026).

2.5.4.Modelo matemático

Ecuación 1. Modelo matemático que se aplicará, de este respectivo esquema.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha \cdot \beta)_{ij} + E_{ijk}$$

μ = Es el efecto de la media.

α_i = Es un efecto de nivel “i-ésimo” del factor A.

β_j =Esun efecto del nivel “jota-ésimo” del factor B.

$(\alpha \cdot \beta)_{ij}$ =Es un efecto debido a la interacción del “i-ésimo” nivel del factor A con el “jota-ésimo” nivel del factor B.

E_{ijk} = Es un efecto aleatorio (Vera, 2018).

2.6. Instrumento de investigación

2.6.1.VARIABLES A ESTUDIAR

2.6.1.1. Proceso de post cosecha

Cosecha de la materia prima:

- En el momento de la cosecha o recolección de las mazorcas se tuvo en cuenta que dichas mazorcas estén en buen estado evitando coleccionar mazorcas con monilla.
- Para nuestra investigación se cosechó cacao nacional y trinitario CCN51.
- Se recolectó alrededor de 30 mazorcas para alcanzar la cantidad requerida para cada tratamiento.

Despulpado:

- Una vez apiladas las mazorcas se realiza el despulpado o desprendimiento del grano.
- Se realizó un corte transversal a la mazorca para extraer el grano.
- Una vez cortada se coloca la materia prima(cacao) en recipientes separados para cada cacao sin mezclar variedades.
- Las cuales se tomó 2 kg para colocar en la caja micro - fermentadora.

2.6.1.2. Fermentar

Se procedió a realizar la fermentación en cajas micro - fermentadoras cuya capacidad de 24 espacios, de los cuales 18 separaciones corresponden a la presente investigación. Cada separación puede contener 2kg de almendras de cacao, teniendo un total de 36kg de masa fresca total, el tiempo que se empleó fue durante 4 días, dándole el mismo tiempo para ambas variedades de cacao Nacional y Trinitario, durante los días de fermentación se pudo observar las diferentes variaciones y reacciones que sufren las almendras durante el proceso antes mencionado, para este proceso se determinó evaluar las diferentes variables: Temperatura; pH, Grados Brix.

2.6.1.3. Inducción de *Rhizobium japonicum*

Se indujo *Rhizobium japonicum*, a la masa fresca dependiendo del croquis experimental con las dosis requeridas para cada tratamiento y repeticiones fueron 3%(60ml) y 5%(100ml) su aplicación permite acelerar el drenaje del mucilago y a su vez determinar su efecto en la disminución de cadmio presente en la masa fermentativa fresca de cacao y así mejorar la calidad, productividad previo a su industrialización y exportación, determinando si el concentrado de microorganismo podrá penetrar la pared de la almendra en este caso las testa.

2.6.1.4. Dosis de aplicación

Se utilizó por cada dos kilos de masa fermentativa o 0. 60 y 100 mL de producto líquido, respectivamente) como segundo factor variedades de cacao (Nacional y Trinitario) de *Rhizobium japonicum* de los cuales de distribuyo aplicaciones al 0%, 3%, 5% para el 3% se aplicó 60 ml, para el 5% se empleó 100 ml, teniendo en cuenta que la investigación se conformó por 6 tratamientos y 3 repeticiones cada una con dosis dosificadas según el porcentaje de aplicación en base al croquis de campo. en cada celda puede ingresar 2000 gramos de masa fresca de cacao (Revoredo, 2018).

2.6.1.5. Hacer remociones

Se realizó remociones adecuadas para que exista una fermentación óptima utilizando micro fermentador de maderas blancas (guayacán) con las siguientes dimensiones 125*75*10 cm con capacidad de 48 kg de cacao fresco aproximadamente, para obtener un producto homogéneo manteniendo su temperatura y sus propiedades organolépticas; la primera remoción se la realizó a partir de las 48 horas después de la inducción para que exista la activación del microorganismo y se efectúe en la masa fermentativa, continuamente se realizó las remociones cada 24 horas.

2.6.1.6. Temperaturas óptimas de fermentación

De manera constante se procedió a realizar la toma de temperaturas diariamente durante los 4 días seguidos con la finalidad de tener un registro de las tomas a partir de las 24 horas de fermentación hasta la 96 hora de fermentación, lo ideal es que se eleve la temperatura progresivamente pudiendo así alcanzar una temperatura no superior a los 50°C ya que se empezaría alterar las propiedades de las almendras de cacao tanto físicas como biológicas.

2.6.1.7. Determinación de pH

Para la determinación del pH se utilizó 10 gramos de almendras las cuales fueron trituradas y luego se diluyo en 100 ml de agua destilada tibia (40°C) en vaso de vidrio. Este proceso se repitió para todos los tratamientos y repeticiones durante

4 días, de esta manera se obtuvo los datos con ayuda de un pH-metro de la marca pH-meter de rango 0.00-14.00.

2.6.1.8. Grados Brix

Para la medición de los grados brix se tomó 10 gramos de almendras de cacao al azar las cuales se maceraron en 100 ml de agua destilada tibia, posteriormente con la ayuda del instrumento brixómetro de la marca ATAGO modelo N-1α (Brix 0-32%), Made in Japan, se colocó en el prisma principal 3 gotas de la mezcla obtenida, posteriormente se bajó la cubierta del prisma y se dejó por 60 segundos para leer la lectura y registrarla se buscó un lugar expuesta a la luz para su mejor observación por el lente ocular del refractómetro. Este proceso fue determinado durante todos los días fermentativos.

2.6.1.9. Secado

Una vez que transcurrió el tiempo de fermentado se procedió a realizar el secado de las almendras de cacao.

- Después de la fermentación se realizó el secado, el cual se fue al sol de forma cuidadosamente sin que se mezclen el uno con el otro teniendo en cuenta que los tratamientos tenían diferentes inducciones, se tendió en una superficie de madera en una terraza con el fin de evitar contaminación por cualquier agente.
- Se realizó remociones constantemente para que el secado sea uniforme cuyo proceso se llevó 6 días de secado al sol hasta conseguir que la humedad de los granos alcance entre un 6 a 8% de humedad no superior porque a mayor humedad es posible que haya proliferación de microorganismos, crecimiento de hongos que afectan al almacenamiento.

Almacenamiento:

- Los granos se tomaron por separados en diferentes bolsas de papel, con su identificación para evitar confundir los tratamientos. hay que recalcar que el almacenamiento mejora la calidad de los granos.

2.6.1.10. Porcentaje de fermentación de la almendra de cacao

Se evaluó la calidad de la almendra por medio de la prueba de corte para ver si existió una fermentación adecuada; la variable se llevó a cabo por medio de una evaluación de prueba de corte que se escogió al azar 100 almendras, con el seguimiento del proceso de la norma INEN 175, aquellas almendras fueron colocadas encima de un fondo blanco, a referencia de sus características se clasificaron de la posterior manera: bien fermentadas, medianamente fermentadas, violetas, pizarras; la fermentación total se la estimó por porcentajes.

2.6.1.11. Índice de semilla

En esta variable se procedió a escoger al azar 100 almendras de cacao fermentadas y secas las cuales fueron pesadas en gramos en una balanza analítica de precisión y por siguiente promediadas. Se utilizó la siguiente fórmula que se aplicó:

Ecuación 2

Índice de semilla

$$IS = \frac{\text{Peso en gramos de 100 almendras de cacao fermentadas y secas}}{100}$$

2.6.1.12. Prueba de testa y cotiledón

La prueba de testa se pudo obtener por medio de peso de una cantidad considerada de almendras de cacao que fueros 30 gramos de cacao fermentadas y secas y de esta manera poder obtener el porcentaje mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

Ecuación 3

Prueba de testa y cotiledón

$$\% \text{ de testa} = \frac{(\text{Peso de la testa})}{\text{Peso de 30 gramos de cacao}} * 100$$

2.6.1.13. Prueba de Corte

Se procedió a la selección de 100 habas de cacao al azar, se pesó y con ayuda de estilete se hizo cortes transversales en las habas secas de cacao para evaluar por medio de un test visual si existió una fermentación óptima o algún defecto de la misma, según la normativa INEN 176:2008.

2.6.1.14. Pasos previos para la obtención de la pasta de cacao con pureza del 100%

- Primero: Se procedió a clasificar la materia prima (cacao) eliminando cualquier cuerpo extraño ajeno a las almendras de cacao.
- Segundo: Continuamente se tostaron las almendras en una vasija de barro a una temperatura media 120°C para evitar que se quemen, por un tiempo de 18 a 25min ayudando a desprender cualquier agente, humedad que contengan las almendras.
- Tercero: Posteriormente se realizó el descascarillado manual separando la testa del cotiledón, se almacenaron en fundas de papel.
- Cuarto: Para este paso se procedió a la molienda con la ayuda de un molino manual tradicional, con el objetivo de reducir el grosor del cotiledón a un tamaño que facilite el proceso del refinado.
- Quinto: Seguidamente el refinado va a mejorar la calidad final para que no exista gránulos y este no tenga inconvenientes a la hora de consumir o que afecta o sea hallado por las papilas gustativas es recomendable que sea menor de 40 micras los gránulos.
- Sexto: En este paso con ayuda de una conchadora de capacidad de 5kg se introdujo la muestra de cacao poco a poco con el fin de que la conchadora vaya atrapando toda la materia prima que queda en la pared de la conchadora a su vez que se vaya diluyendo este proceso se mantuvo durante 6 horas por cada tratamiento.
- Séptimo: A continuación, se esperó que la pasta de cacao se atempere es decir reduzca la temperatura para pasar a los moldes donde reposaran hasta tener consistencia.
- Octavo: Se procedió a envolver la pasta de cacao en papel aluminio para su almacenamiento en refrigeración a temperatura de 4°C, las envolturas

se guardaron en funda con su respectiva codificación además de evitar alguna contaminación cruzada.

2.6.1.15. Análisis Sensorial

Para realizar la evaluación sensorial de la pasta de cacao se tomó 20g de cada muestra, se llevó a baño maría hasta tener una pasta líquida. con ayuda de un equipo constituido por 10 jueces semientrenados previamente, cada evaluador se encargó de verificar si existe un efecto de mejoramiento en las propiedades organolépticas de precursores de sabor y aroma (Zambrano, 2020).

Pasos para la evaluación organoléptica:

- Después de tener la pasta de cacao envuelta y almacenada se procede a colocar en recipientes calentado la muestra en baño maría para derretir a una temperatura de aproximadamente a 45 grados Celsius para la degustación a lo panelistas.
- Posteriormente se colocó la pasta derretida en vasos de muestra de material plástico colocando uniformemente la pasta para llevar a cabo la catación, a cada panelista se le dio 6 muestras acompañado de paletas y servilleta, se les indica que debe colocarse para la degustación lo que cabe en la paleta la muestra en las papilas gustativas alrededor de 15 a 20 segundos para la aparición de los sabores y aromas. se le debe indicar que lo percibido debe anotarse los atributos encontrados en la hoja destinada para la catación.
- Este proceso se debe continuar por cada muestra de manera individual es aconsejable repetirse la gustación de 2 a 3 veces por muestra o dependiendo de gustador; es recomendable para la siguiente antes de catar debe enjuagar la boca con agua.
- Debe existir un tiempo de descanso para proseguir considerar entre 1 a 2 entre muestras.
- La muestra que haya quedado debe desecharse no debe ser nuevamente almacenada.

Atributos:

- Principales sabores: acidez, amargor, astringencia, cacao.

- Generalidades: aroma, sabor, intensidad.
- Defecto: quemado, mohoso, sustancias químicas.
- Específicos: floral, frutal, dulzor, nuez.

2.6.1.16. Metales Pesados

Los análisis de cadmio se los realizó en El laboratorio WSS WORLD SURVEY SERVICES ECUADOR ubicado en la ciudad de Guayaquil Av. de Las Américas 1608 y Av. Plaza Dañin provincia del Guayas los porcentajes de metales pesados cadmio comparando los porcentajes permitidos por la Unión Europea, posterior al proceso de fermentación adicionando *Rhizobium japonicum* en la masa fresca.

2.6.1.17. Cadmio

Se analizó los valores de cadmio presente en la masa fermentativa fresca después de la inducción de *Rhizobium japonicum* para determinar y valorizar si existe una disminución de dicho metal y si están dentro de los valores promedios permitidos por la Unión Europea. El análisis de cadmio se lee por el equipo de adsorción atómica por horno de grafito, para lo cual se pesa 1 gramo de muestra, se realizó la trituration de los granos de cacao secos por digestión húmeda utilizando ácido nítrico por medio de microondas, seguido de este paso se filtra la muestra saliente y se procede a leer en el equipo horno de grafito (Araujo, 2016; Cardona et al., 2016).

2.6.1.18. Análisis económico

Se realizó un análisis económico por tratamiento que tendrá efecto en la almendra de cacao que se va a manejar con niveles de inducción de *Rhizobium Japonicum*, niveles por tratamiento, se efectuó un análisis económico por tratamiento utilizando los de más significancia, para determinar cuál de esos tratamientos es el que genere el costo más bajo y en función de aquello nos dará mejor resultado en función de la calidad del producto.

$$CP = MP + MOD$$

$$CC = MOD + CIF$$

$$CPROD = MP + MOD + CIF$$

CP= Costos primos.

MP= Materia prima directa.

MOD= Mano de obra directa. CC= Costos de conversión.

CIF= Costos indirectos de fabricación. CPROD= Costos de producción.

2.7. Tratamientos de datos

Se tabuló por el cálculo de análisis del cuadro de ANDEVA análisis de varianza y las medias comparativas de los tratamientos estudiadas se procedió a utilizar la prueba de Tuckey ($p \leq 0.05$) fue realizado con el software Estadístico SAS.

2.8. Recursos humanos y materiales

En la presente investigación se contó con la ayuda de recursos humanos los cuales son de vital importancia para llevar a cabo la investigación con el equipo de trabajo de la Universidad Técnica de Babahoyo, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, la Universidad Técnica de Milagro y Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

2.8.1. Materiales y equipos.

2.8.1.1. Materiales y equipos del campo

- Caja de madera
- Cacao
- *Rhizobium Japonicum*
- Machetes
- Sacos
- Tachos.
- pesa (con gancho colgante)
- agua destilada

2.8.1.2. Materiales de Laboratorio.

- Vaso de vidrio
- chuchillo para prueba de corte
- Estilete
- Balanzas analíticas
- Guantes
- Gafas
- Brixómetro
- Calculadora
- Gramera
- pH - metro
- Termómetro

CAPITULO

3

RESULTADOS, DISCUSIÓN, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones

3.1. Efecto de las variedades de cacao sobre las variables físico-químicas, sensoriales y contenido de cadmio en almendras de cacao

3.1.1. Variables físico-químicas

3.1.1.1. Temperatura

En la tabla 12, se muestran los promedios que reportan el efecto que tuvo las variedades de cacao sobre la temperatura de fermentación, estos demuestran que no existió diferencias estadísticas ($P > 0.05$), lo que nos indica que, tanto el cacao nacional como el trinitario, demuestran un mismo comportamiento en los cuatro eventos de registro de esta variable.

Tabla 12

Efecto de la variedad sobre la temperatura del cacao en su proceso fermentativo

Variedades	Temperatura (día 1)	Temperatura (día 2)	Temperatura (día 3)	Temperatura (día 4)
Nacional	28.22a	36.89a	39.10a	39.77a
Trinitario	28.00a	36.78a	39.12a	41.38a
EEM	0.3333	0.1665	0.0331	5.416
$P < 0.05$	0.5893	0.4930	0.9136	0.3947

Nota: (Autores, 2026).

3.1.1.2. pH

En el mismo sentido, se observó que la variable pH en el proceso de fermentación, no se vio afectada ($P > 0.05$) por efecto de la variable de cacao empleado en los últimos momentos de su evaluación, excepto en el primer momento del proceso de fermentación (día 1) donde el mayor valor ($P < 0.05$) lo demostró la variedad denominada nacional (Tabla 13).

Tabla 13

Efecto de la variedad sobre la temperatura del cacao en su proceso fermentativo

Variedades	pH (día 1)	pH (día 2)	pH (día 3)	pH (día 4)
Nacional	3.63a	4.79a	4.97a	4.92a
Trinitario	3.44b	4.79a	4.79a	4.80a
EEM	0.28	<0.00000	0.266	0.1833
P<0.05	0.0035	1.000	0.1008	0.2039

Nota: (Autores, 2026).

3.1.1.3. Grados Brix

En lo que se refiere a la cuantificación de los °Brix, que indican el porcentaje de sólidos solubles en base a la solución total, se puede mencionar que, la variedad de cacao tuvo un efecto característico, observándose diferencias en el proceso de estudio y cuantificación, con un mayor valor ($P<0.05$) para la variedad de cacao nacional (Tabla 14).

Tabla 14

Efecto de la variedad sobre los °Brix del cacao en su proceso fermentativo

Variedades	°Brix (día 1)	°Brix (día 2)	°Brix (día 3)	°Brix (día 4)
Nacional	13.14a	12.71a	11.34a	9.57a
Trinitario	12.84b	11.91b	11.01b	8.02b
EEM	0.458	1.196	0.518	2.326
P<0.05	<0.001	<0.001	0.0019	<0.0001

Nota: (Autores, 2026).

3.1.1.4. Variables de prueba de corte

Respecto a las variables de prueba de corte, entre las que se evaluaron el porcentaje de testa, cotiledón, índice de semilla, elementos fermentados, los de presentación de almendras violetas y pizarras; se puede indicar que no existió diferencias estadísticas ($P>0.05$) por efecto de la variedad de cacao. En todos los casos, estas variables presentaron resultados similares, aunque, los comportamientos numéricos de las variables fueron ligeramente superiores en la variedad de cacao nacional, excepto para la variable fermentados, en la cual la variedad de cacao trinitario, presento un mejor comportamiento numérico, aunque no estadístico (Tabla 15).

Tabla 15

Efecto de la variedad sobre las variables de prueba de corte del cacao en su proceso fermentativo

Variedades	%Testa	%Cotiledón	Índice de Semilla	Fermentados	Violetas	Pizarra
Nacional	14.06a	84.30a	1.54a	62.22a	30.88a	1.77a
Trinitario	14.04a	83.33a	1.46a	74.78a	32.55a	1.66a
EEM	0.031	0.031	12.33	2.33	2.50	0.16
P<0.05	0.9882	0.9882	0.0888	0.5369	0.4882	0.7121

Nota: (Autores, 2026).

3.1.2. Variables sensoriales

De la misma manera, al evaluar las variables sensoriales, los resultados de la presente investigación demostraron que excepto sobre variable cacao e intensidad, que presentaron diferencias ($P<0.05$), las otras estudiadas (Tabla 16) no demostraron cambios en su comportamiento por efecto de las variedades de cacao estudiadas. En el caso de la variable sabor cacao, fue mucho más profundo y determinante para la variedad nacional, mientras que esta, presentó una menor intensidad.

Tabla 16

Efecto de la variedad sobre las variables sensoriales del cacao luego de su proceso fermentativo

Variedades	Aroma	Acidez	Amargor	Cacao	Nuez	Frutos secos	Floral	Especias	Otros	Intensidad
Nacional	3.70	0.83	4.00	3.93a	2.53	2.50	2.63	0.23	0.83	3.20b
Trinitario	3.70	0.53	3.87	3.50b	2.16	2.43	2.37	0.23	0.47	4.33a
EEM	<0.0001	0.8215	0.3651	1.1867	1.004	0.1826	0.7303	<0.0000	1.0041	3.1037
P<0.05	1.0000	0.103	0.5286	0.044	0.2081	0.8334	0.4874	1.00000	0.1219	0.0005

Nota: (Autores, 2026).

3.2. Efecto de inducción con *Rhizobium Japonicum* sobre las variables físicoquímicas, sensoriales y contenido de cadmio en almendras de cacao

3.2.1. Variables físicoquímicas

3.2.1.1. Temperatura

En el Tabla 17, se observa el efecto de la inducción con *Rhizobium Japonicum* sobre la temperatura del cacao en su proceso de fermentación; evidenciándose

que al inicio y al final del estudio (día 1 y 4 de fermentación, respectivamente) no existió diferencias estadísticas ($P>0.05$) en los valores de la temperatura, sin embargo, en las estimaciones intermedias (día 2 y 3 de fermentación, respectivamente), la adición del mayor valor del inductor microbiológico de la fermentación (*Rhizobium Japonicum*), provocó que exista valores mayores significativos ($P<0.05$) de temperatura.

Tabla 17

Efecto de la inducción con Rhizobium Japonicum sobre la temperatura del cacao en su proceso fermentativo

Rhizobium Japonicum	Temperatura (día 1)	Temperatura (día 2)	Temperatura (día 3)	Temperatura (día 4)
0%	28.17a	36.00b	38.78b	40.00a
3%	28.17a	36.50b	38.90b	41.67a
5%	28.00a	38.00a	39.65a	42.05a
EEM	0.1360	1.471	0.6651	5.606
$P<0.05$	0.9264	<0.0001	0.0083	0.3504

Nota: (Autores, 2026).

3.2.1.2. pH

En lo que toca, referente al efecto de la inducción con *Rhizobium japonicum* sobre el pH del cacao en su proceso de fermentación, podemos decir que no hay una consecuencia lineal generalizada de los valores (excepto en el día 1, lineal decreciente); sin embargo, si se presentó diferencias estadísticas ($P<0.05$) en los días 1 y 3, pero no, en los días 2 y 4 ($P<0.05$), respectivamente. Lo anterior, nos indica que para esta investigación la inducción con *Rhizobium japonicum* no es consistente y menos se correlaciona con la disminución o incremento del pH.

Tabla 18

Efecto de la inducción con Rhizobium Japonicum sobre la pH del cacao en su proceso fermentativo

Rhizobium Japonicum	pH (día 1)	pH (día 2)	pH (día 3)	pH (día 4)
0%	3.67a	5.00a	5.02a	4.85a
3%	3.61a	4.62a	4.58b	4.83a
5%	3.33b	4.75a	5.03a	4.90a
EEM	0.254	0.275	0.360	0.0489
$P<0.05$	0.0004	0.0747	0.0047	0.8263

Nota: (Autores, 2026).

3.2.1.3. Grados Brix

En cuando a porcentaje de sólidos solubles en base a la solución total (cuantificación de °Brix), podemos decir que la inducción con *Rhizobium*

japonicum, provocó datos variables en términos de la linealidad de los valores en respuesta de la adición incremental (0, 3 y 5%) de inductor; sin embargo, si se presentaron cambios en las respuestas estadísticas ($P < 0.05$). Estos datos también demuestran que a mayor edad de evaluación (día 4), los valores de °Brix disminuyen como mecanismos de los procesos fermentativos, tanto, como se evidencia por efecto de la inducción con el microorganismo (Tabla 19).

Tabla 19

Efecto de la inducción con Rhizobium Japonicum sobre la °Brix del cacao en su proceso fermentativo

<i>Rhizobium japonicum</i>	°Brix1	°Brix2	°Brix3	°Brix4
0%	12.94c	12.43a	11.22ab	9.09a
3%	12.99b	12.26b	11.38a	9.03a
5%	13.03a	12.26b	10.96b	8.27b
EEM	0.055	0.1367	0.297	0.6506
P<0.05	<0.001	<0.001	0.0071	0.0006

Nota: (Autores, 2026).

3.2.1.4. Variables de prueba de corte

En el caso de, las variables porcentaje de testa, cotiledón, índice de semilla, se presentaron resultados estadísticos ($P > 0.05$) similares, sin evidenciarse un patrón de comportamientos numéricos lineal como respuesta a la inducción con *Rhizobium japonicum*, excepto para la variable fermentados (incrementa), presentación de almendras violetas (disminuye) y pizarras (disminuye), y que se demuestran en el cuadro 9; cabe recalcar que, se evidenció un valor positivo ($P < 0.05$) del procedo de inducción para estas últimas variables.

Tabla 20

Efecto de la inducción con Rhizobium japonicum sobre las variables de prueba de corte del cacao en su proceso fermentativo

<i>Rhizobium japonicum</i>	% Testa	%Cotiledón	Índice de Semilla	Fermentados	Violetas	Pizarra
0%	13.33a	86.66a	1.51a	58.83b	38.83a	2.33a
3%	14.46a	85.52a	1.57a	67.50a	30.33b	2.166a
5%	14.33a	85.66a	1.51a	73.33a	26.00b	0.66b
EEM	0.87	0.87	6.27	10.31	9.23	1.29
P<0.05	0.7731	0.7731	0.3000	0.0014	0.0023	0.0010

Nota: (Autores, 2026).

3.2.2. Variables sensoriales

En lo que se refiere a, las variables sensoriales, los resultados de la presente investigación no demostraron diferencias estadísticas ($P < 0.05$), excepto la variable otros (sabores y olores indeterminados), que manifestó la presencia de

diferencias ($P < 0.05$) (Tabla 21) sin un criterio de crecimiento de decrecimiento lineal.

Tabla 21

*Efecto de la inducción con *Rhizobium Japonicum* sobre las variables sensoriales del cacao luego de su proceso fermentativo*

Rhizobium Japonicum	Aroma	Acidez	Amargor	Cacao	Nuez	Frutos secos	Floral	Espicias	Otros	Intensidad
0%	3.75a	0.80a	3.95a	3.65a	2.40a	2.40a	2.85a	0.15a	0.25b	4.00a
3%	3.55a	0.60a	3.65a	3.65a	2.35a	2.60a	2.25a	0.25a	1.00a	3.80a
5%	3.80a	0.65a	4.20a	3.85a	2.30a	2.40a	2.40a	0.30a	0.70ab	3.50a
EEM	0.3415	0.2687	0.711	0.2981	0.129	0.2981	0.8062	0.1971	0.9747	0.6496
P<0.05	0.7045	0.6454	0.1113	0.6716	0.9606	0.8369	0.4150	0.6045	0.0376	0.4088

Nota: (Autores, 2026).

3.3. Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de *Rhizobium japonicum* sobre las variables fisicoquímicas, sensoriales y contenido de cadmio en almendras de cacao

3.3.1. Variables fisicoquímicas

3.3.1.1. Temperatura

En el Tabla 22, se presentan los valores de la variable temperatura como respuesta a la interacción variedades de cacao por la inducción de *Rhizobium japonicum*, observándose que en los primeros días (1, 2 y 3) del proceso fermentativo, no existió diferencias estadísticas ($P > 0.05$), sin embargo, en el día 4, si se observó una interacción entre los factores estudiados, además que fue claro el incremento del valor esta variable para el tratamiento constituido por la variable de cacao nacional con la inducción de 5% del producto que contenía al microorganismo (*Rhizobium japonicum*).

Independientemente del método que se haya aplicado en la fermentación del cacao según Arvelo (2017) menciona que al tapar la caja fermentativa ayuda a incrementar la temperatura con el fin de que este tenga una interacción favorable

por la aparición de la proliferación y actividad biológica de los microorganismos y mejorando las propiedades químicas y bioquímicas y teniendo mejor catabolismos oxidativos de sustancias orgánicas, recomienda que se debe cubrir las almendras frescas con hojas de plátano que tienen contenidos de glucosa y nutrientes y ayuda a mejorar la fermentación y la calidad de los granos de cacao asegurar el calentamiento de temperatura de manera homogénea ayuda a la purificación del aire al fermentador .

Afirma Arévalo et al (2017) que al temperatura se debe a la actividad de la etapa fermentativa donde existe alteraciones en las propiedades menciona que se lo llama como tercera fase en ella participan microorganismo benéficos como bacterias acéticas que al modificar el etanol que están elaboran las levaduras (ayudando a tener una fermentación optima) en ácido acético al tener una elevación adecuada de temperatura va existir la presencia de Bacillus (bacterias) estas contribuyen al sabor por lo que produce ácidos orgánicos y saborizantes como el butanodiol al tener optimas temperaturas se obtiene una excelente fermentación y actividad microbiana.

Tabla 22

Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de Rhizobium japonicum sobre la temperatura del cacao en su proceso fermentativo

Variedades	<i>Rhizobium japonicum</i>	Temperatura (día 1)	Temperatura (día 2)	Temperatura (día 3)	Temperatura (día 4)
Nacional	0%	28.00	36.00	38.90	41.16b
	3%	28.33	36.67	38.67	41.70b
	5%	27.67	38.00	39.73	42.76a
Trinitario	0%	28.33	36.00	38.67	41.16b
	3%	28.00	36.33	39.13	41.63b
	5%	28.33	38.00	39.57	41.33b
EEM		0.2545	0.0961	0.1931	0.4044
P<0.05		0.5171	0.6186	0.3250	0.0009

Nota: (Autores, 2026).

3.3.1.2. pH

En el Tabla 23, se presentan los valores de la variable pH como respuesta a la interacción variedades de cacao por la inducción de *Rhizobium japonicum*, observándose que en el segundo día del proceso fermentativo, no existió diferencias estadísticas ($P>0.05$), sin embargo, en los días 1, 3 y 4, si se observó una interacción entre los factores estudiados ($P<0.05$), aunque sin un patrón

claro que permita deducir que la interacción respondió en función al nivel incremental del microorganismo estudiado.

Álvarez (Álvarez et al., 2010) ratifica que el pH son parámetros a considerar y expresado en la calidad del cacao y producto final por tener una excelente fermentación utilizados por la fabricas de producción de chocolate resalta que al aumento excesivo de ácido acético este tiene un efecto desfavorable a la fermentación alterando sus propiedades y sus adversos sobre el flavour al tener un alto contenido de pH en los cotiledones es un indicativo que existe una mala fermentación catalogada como sobre fermentación de las almendras de cacao en el proceso fermentativo esto tiene efecto por la aparición de ácidos carboxílicos y amina biogénicas que pertenecen a los aminoácidos.

Según Vega (Armijos, 2002) que una fermentación noble debe tener un rango de pH entre 5.0-6.1 el pH optimo según Armijos (Armijos, 2002) debe ser de 5.1 a 5.7 para que exista una fermentación adecuada pero al contrario si el pH es menor a 5.0 se manifiesta la aparición de ácidos no volátiles que no son deseables estos aromas para el chocolate siendo este muy desapacible esto sucede cuando existe fermentación incompletas según la investigación y lo que se ha evidenciado que al utilizar este microorganismo ayuda al mejoramiento del pH para que exista una fermentación favorable.

Cuando los niveles de pH están inferiores de lo habitual el cacao es por debajo de la buena calidad Castañeda et al (Zambrano et al., 2002) hallaron que las almendras de cacao que poseen un pH inferior al 4.5 generan baja potencialidad de precursores aromáticos. indica Zambrano et al (Santana, 2017) que el pH está en un rango de 5.5-5.8 se puede estimar que tiene la probabilidad de estar fermentado, pero si el rango este de 4.7 a 5.2 se puede valorar que existió una adecuada fermentación.

Tabla 23

Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de Rhizobium japonicum sobre el pH del cacao en su proceso fermentativo

Variedades	<i>Rhizobium japonicum</i>	pH (día 1)	pH2 (día 2)	pH3 (día 3)	pH4 (día 4)
Nacional	0%	3.83a	4.83	4.80ab	5.10ab
	3%	3.73ab	4.63	4.77ab	5.03ab
	5%	3.33c	4.90	4.80ab	5.63b
Trinitario	0%	3.50bc	5.17	5.23b	4.60b
	3%	3.50bc	4.60	5.40a	4.63b
	5%	3.33c	4.60	5.27a	5.17a
EEM		0.085	0.1589	0.235	0.2849
P<0.05		0.059	0.1573	0.0080	0.0010

Nota: (Autores, 2026).

3.3.1.3. Grados Brix

En los días 1, 2 y 4 del proceso fermentativo, los valores experimentales de la variable °Brix demostraron una interacción entre los factores estudiados ($P < 0.05$), aunque sin un patrón lineal claro que permita deducir que la interacción de los factores fue directamente proporcional al incremento del nivel de microorganismo empleado (Tabla 24), sin embargo, en el tercer día del proceso fermentativo, no existió diferencias estadísticas ($P > 0.05$).

Santana (Quizhpi, 2016) menciona que al transcurrir el tiempo la cantidad de mucilago se va disminuyendo, este efecto ocurre por la actividad microbiana que cumplen la función que exista el incremento de temperaturas.

Los grados Brix para poder determinar los sólidos solubles como menciona en la fruta debe tener un dulzor aceptable para el producto final, sea para un licor o un néctar y no alterar sus propiedades organolépticas menciona Quizphi (García, 2016) en este caso existe la evidencia que al inducir el microorganismo existe el descenso de los °Brix, por ende que exista un chocolate amargo de buena calidad, factor principal es en el momento de la fermentación para cumplir con las propiedades requeridas como es la pasta de cacao datos que no están representados o iguales a dicha investigación existe la tendencia de la disminución de los °Brix según García et al (Aguilar, 2016) que la aparición y aumento de levaduras es por causa de los contenidos de azúcares totales en los cotiledón del grano del cacao los brix que sean considerablemente superiores favorecen la acción metabólica de las levaduras con la finalidad de obtener una excelente fermentación de las almendras de cacao al tener unos adecuados

valores tendrá el efecto de tener disposición de azúcares para la proliferación de levaduras y estas pasan hacer etanol.

Tabla 24

*Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de *Rhizobium japonicum* sobre los °Brix del cacao en su proceso fermentativo*

Variedades	Rhizobium Japonicum	°Brix (día 1)	°Brix2 (día 2)	°Brix3 (día 3)	°Brix4 (día 4)
Nacional	0%	13.12b	12.84a	11.40	10.03a
	3%	13.14ab	12.79a	11.62	10.10a
	5%	13.17a	12.50b	11.05	8.58b
Trinitario	0%	12.78d	12.01c	11.04	8.16b
	3%	12.85c	11.72d	11.13	7.96b
	5%	12.88c	12.01c	10.87	7.95b
EEM		0.0135	0.1451	0.0803	0.4001
P<0.05		0.0154	<0.001	0.3573	0.0019

Nota: (Autores, 2026).

3.3.1.4. Variables de prueba de corte

Con base en los resultados de las variables, porcentaje de testa, cotiledón, índice de semilla y pizarras, se puede indicar que no se presentaron resultados que difieran estadísticamente ($P > 0.05$) por efecto de la interacción de los factores variedades de cacao por la inducción de *Rhizobium japonicum*, caso contrario a lo observado ($P < 0.05$), con las variables fermentados y presentación de almendras violetas. De igual manera, se puede indicar que no existe un patrón de comportamiento numérico lineal como respuesta a la inducción con *Rhizobium japonicum* (Tabla 25).

Es de relevancia según Zambrano (2020) que la prueba de corte es de gran importancia ya que realizando dicho análisis de corte se logra evidenciar diferentes factores evaluativos mismos que son: granos fermentados, violetas, pizarros, hongos entre otros presentes en las almendras de cacao, además de ser un análisis observatorio demostrando la calidad de la fermentación que se generó en el tiempo transcurrido en dicho proceso, por lo cual los resultados que se obtuvieron son aceptables y comparables con la norma INEN 176 los requisitos adecuados para la calidad del cacao y evidenciando por examen visual según la norma 175 en el ensayo de corte.

Tabla 25

Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de Rhizobium japonicum sobre las variables de prueba de corte cacao en su proceso fermentativo

Variedades	<i>Rhizobium japonicum</i>	%Testa	%Cotiledón	Índice de semilla	Fermentados	Violetas	Pizarras
Nacional	0%	13.11	86.89	1.56	63.00bc	34.33ab	2.66
	3%	13.44	86.55	1.58	71.00ab	27.00ab	2.00
	5%	15.55	84.44	1.49	68.00abc	31.33abc	0.66
Trinitario	0%	13.55	86.44	1.52	54.66c	43.33a	2.00
	3%	15.50	84.49	1.44	64.00bc	33.66abc	2.33
	5%	13.11	86.89	1.42	78.66a	20.66c	0.66
EEM		1.14	1.14	2.58	5.30	5.37	0.25
P<0.05		0.4375	0.4375	0.6470	0.0137	0.0093	0.3966

Nota: (Autores, 2026).

3.3.2. Variables sensoriales

Para este grupo de variables, se puede indicar que, los resultados no demuestran diferencias estadísticas ($P < 0.05$), excepto para las variables otros e intensidad, que demostraron cambios en su comportamiento estadístico ($P < 0.05$), por efecto de la interacción entre los factores estudiados (Tabla 26), cabe reiterar que no se evidenció un criterio de crecimiento lineal de los valores de respuesta por efecto de la adición creciente del microorganismo estudiado.

Portillo (Portillo et al., 2016) menciona que la parte fundamental para que se generen propiedades sensoriales es el proceso de fermentación donde se desarrolla los precursor del aroma y sabor final del producto terminado, tiene que ver con las propiedades químicas está a la vez están estrechamente relacionadas con la calidad sensorial estas a la vez son por causa de los fenómenos térmicos por consecuencia de la fermentación, el método de fermentar las almendras de cacao tiene una vinculación con las características sensorial recalca Quevedo et al., (2016) que es importante para el sabor y aroma las cajas fermentadoras cubiertas con hojas de plátano ayuda que exista la fermentación de microorganismos benéficos que cumplen la función de eliminar el mucilago que están cubiertas en la almendra de cacao por lo tanto si existe remociones optimas permiten a la eliminación del embrión que muera y no exista presencia de sabor amargo, disminuyendo la pérdida de teobromina potenciando el sabor y aroma a chocolate que la investigación realizada presentan datos semejantes entre las variables evaluadas para el análisis sensorial.

Tabla 26

*Efecto de la interacción variedades de cacao por la inducción de *Rhizobium japonicum* sobre las variables sensoriales cacao en su proceso fermentativo*

Variedades	Rhizobium Japonicum	Aroma	Acidez	Amargor	Cacao	Nuez	Frutos secos	Floral	Especias	Otros	Intensidad
Nacional	0 %	3.80	1.00	4.30	4	2.1	2.2	2.7	0.1	0.1	3.2
	3 %	3.60	0.60	3.50	3.9	2.2	2.8	1.8	0.3	1.6	2.8
	5 %	3.70	0.90	4.20	3.9	2.2	2.5	2.6	0.3	0.8	3.6
Trinitario	0 %	3.70	0.60	3.60	3.3	2.7	2.6	3	0.2	0.4	4.8
	3 %	3.50	0.60	3.80	3.4	2.5	2.4	2.7	0.2	0.4	4.8
	5 %	3.90	0.40	4.20	3.8	2.4	2.3	2.2	0.3	0.6	3.4
EEM		0.944 8	0.24 2	0.46 8	0.27 68	0.19	0.38 00	0.59 39	0.09 12	0.69 72	1.06 97
P<0.0 5		0.860 1	0.49 46	0.14 71	0.50 01	0.84 05	0.56 30	0.38 55	0.80 50	0.03 49	0.01 08

Nota: (Autores, 2026).

3.3.3. Concentraciones de cadmio

Basado en los resultados experimentales sobre la concentración de Cadmio, en la almendra de cacao, luego de su proceso de fermentación, se puede decir que luego del análisis descriptivo de estos, tanto en la variedad de cacao nacional como del trinitario, la inducción con *Rhizobium japonicum* tuvo efectos positivos en la reducción de la concentración de este elemento químico contaminante (Tabla 27).

En relación a lo anterior Pérez García et al (Pérez & Azcona, 2016), indican que el cadmio como un metal pesado es característico por ser un bioacumulado en el cuerpo humano produciendo daños perjudiciales e irreversibles a la salud de las personas por el consumo de alimentos que contenga contenidos de cd causarían problemas internos del organismos siendo un riesgo de cuidado serio ya este sea de exposición ambiental o consumible siendo este catalogado como toxico saber los porcentajes admitirles para tolerar y permisibles, es primordial para evitar cualquier daño o perjuicio al consumidor.

Mientras Covarrubias et al (2015) menciona la utilización de bacterias que cumplen el rol de ser benéficas se comportan como biorreguladores al adicionar o inocular en semilla o en alguna planta que se desea disminuir el cadmio, además estos biorreguladores ayudan al crecimiento, fortalecimiento y mejorar la productividad cumple la función de un potenciador de desarrollo permite a la absorción de nutrientes como fertilizantes por la utilización de microorganismos como el *Rhizobium japonicum*, que posee la característica de fijar nitrógeno.

En una investigación de Revoredo (2018) menciona que la utilización y aplicación de microorganismos son benéficos y potenciales para la disminución de cadmio en variedades de leguminosas y soja es una alternativa de minimizar costos y de una sencilla aplicación además comenta que al verse afectado los altos contenidos de Cadmio esto perjudica de manera tangente los mercados internacionales, los problemas son serios por los productos y subproductos del cacao por la acumulación dentro de la producción cacaotera y se ha evidenciado que utilizando bacterias, posee una eficacia latente de metales pesados como es el Cadmio.

Ozawa et al (2015) en un estudio que confirma la actividad de biorremediador de cadmio con la aplicación de *Bradyrhizobium japonicum* en la inoculación de leguminosas tiene un efecto favorable teniendo el efecto de mejorar el desarrollo de la planta y produciendo nódulos en la raíz como un condensador de Cadmio. De igual manera corrobora Cuadrado (Cuadrado et al., 2009) que estas bacterias (*Rhizobium* y *Bradyrhizobium*) son minimizadores de metales pesados como es el cadmio siendo este como potenciales inóculos y teniendo la habilidad de nodulación.

Estudios previos del análisis de Salarza (2020) se pudo evidenciar que por la utilización de la aplicación de *Rhizobium japonicum* en el suelo tuvo una disminución teniendo diferencia antes de su aplicación el cadmio se redujo en un 23.08% por lo tanto se evita y se minimiza en la acumulación de cadmio la mazorca de cacao y por ende se evita que penetre altas cantidades en las semillas por lo tanto actúa como un filtro en esta investigación de la inducción de *Rhizobium japonicum* las almendras de cacao están dentro de lo permisible del porcentaje de Cadmio en el testigo según la norma de la Unión Europea teniendo

este un impacto en la planta minimizando cadmio y por ende se evidencia que al utilizar este microorganismo en la almendras de cacao fresca disminuyen los contenidos de cadmio. acumulación en la almendra de cacao.

Tabla 27

Interacción de las variedades de cacao por la inducción de Rhizobium japonicum sobre las concentraciones de cadmio en cacao

Variedades	Rhizobium japonicum	mg/ kg
Nacional	0%	0.36
	3%	0.30
	5%	0.22
Trinitario	0%	0.36
	3%	0.32
	5%	0.24

Nota: (Autores, 2026).

3.4. Análisis Económico de la investigación.

Tabla 28

Análisis de los costos que se generaron durante la investigación experimental

Rubros	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Egresos						
Cost. Variables						
Materia prima	12.66	12.66	12.66	12.66	12.66	12.66
Mano de obra directa	10	10	10	10	10	10
T.c. variable	22.66	22.66	22.66	22.66	22.66	22.66
Costos						
Indirectos						
Insumo						
Rhizobium japonicum	0	1.44	2.4	0	1.44	2.4
Depreciaciones						
Brixometro	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
Ph - metro	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
Termómetro	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
Caja de madera	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Costos varios						
Análisis	28	28	28	28	28	28
T.c. indirectos	29.36	30.80	31.76	29.36	30.80	31.76
Costo total por tratamiento	52.02	53.46	54.42	52.02	53.46	54.42
Costo de cada unidad de 20 gr de pasta de						
Cacao	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
45 unidades de 50 Gramos	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85	5.85
Total, por tratamiento	17.55	17.55	17.55	17.55	17.55	17.55

Nota: (Autores, 2026).

El análisis económicos realizado a los diferentes tratamientos que se plantearon y se desarrollaron en la investigación nos genera los siguientes resultados, el tratamiento T0 testigo Nacional y el tratamiento T4 testigo Trinitario son los que generaron los menores costos de la investigación, mientras que los tratamientos

T3 Nacional y T6 Trinitario son los que presenta mayor costo esto se debe a la mayor cantidad de *Rhizobium japonicum* que se empleó en la investigación para dichos tratamientos.

El costo que se genera para la elaboración de la pasta de cacao no hay variación entre los tratamientos ya que se obtuvo por cada kilogramo de muestra de cacao un costo de \$5.85 la producción de 45 barras de pasta de cacao con un peso de 20 gramos generando un costo unitario de 0.13 centavos, esto nos genera un costo por tratamiento de \$17.55 todos los tratamientos tuvieron el mismo valor ya que se procesó la misma cantidad de cacao es decir un kilogramo del cual se obtuvo 900 gramos de pasta de cacao.

3.5. Conclusiones

- ✓ En función de los resultados obtenidos se concluye que los contenidos de cadmio en la presente investigación cumplen con la norma establecida N° 488/2014 de la Unión Europea para los diferentes tratamientos obteniendo resultados favorables para la disminución del Cadmio en almendra de cacao por la inducción con *Rhizobium Japonicum*.
- ✓ Se observaron efectos no concluyentes de la variable variedad de cacao sobre las variables fisicoquímicas, de prueba de corte y sensoriales de la almendra de cacao fermentada, toda vez que, no se presentan diferencias estadísticas significativas para todas las variables estudiadas. Es importante mencionar, que no existe normativa específica para los valores de estas variables en función de la variedad de cacao, pudiéndose indicar que, al compararse con los encontrados por otros autores, los presentes resultados guardan mucha relación (temperatura 28.00 hasta 41.38, pH 3.44 hasta 4.92, °Brix 13.14 hasta 8.02) con los de la literatura.
- ✓ Existe efectos no concluyentes de la variable de inducción con *Rhizobium Japonicum* sobre las variables fisicoquímicas, de prueba de corte y sensoriales de la almendra de cacao fermentada, toda vez que, que no se presentan diferencias estadísticas significativas para todas las variables estudiadas. Se puede indicar que no se encuentra en la literatura valores referencia para las variables fisicoquímicas en función del empleo de un

método de inducción microbiológico, sin embargo, al compararse con los encontrados por otros autores, los presentes resultados guardan mucha relación (temperatura 28.00 hasta 42.05, pH 3.33 hasta 4.90, °Brix 12.94 hasta 9.09,) con los de la literatura.

- ✓ Las variedades de cacao nacional y trinitario sin variable de inducción con *Rhizobium Japonicum*, son los que generaron los menores costos de la investigación.

3.6. Recomendaciones

- ✓ Desarrollar investigaciones con otros métodos químicos o biológicos que permitan disminuir la concentración del cadmio en la almendra del cacao.
- ✓ Para próximas investigaciones donde se contemple realizar estudios sensoriales, se recomienda emplear un panel de evaluadores expertos.
- ✓ Fomentar nuevas investigaciones en base a *Rhizobium japonicum* con concentraciones estandarizadas para diferentes variedades de cacao en diferentes zonas de estudio territorial.



REFERENCIAS

Referencias Bibliográficas

- Abad Merchán, G. A., Acuña Bermeo, C., & Naranjo Borja, K. E. (2020). El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. *Estudios de la Gestión: Revista Internacional de Administración*, (7), 59–83. <https://doi.org/10.32719/25506641.2020.7.3>
- Acebo Plaza, M., & Rodríguez, J. A. (2016, abril). *Industria de cacao* (Estudios industriales: Orientación estratégica para la toma de decisiones). ESPAE Graduate School of Management, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). <https://www.espae.espol.edu.ec/wp-content/uploads/2016/12/industriacacao.pdf>
- Aguilar, H. (2016). *Manual para la evaluación de la calidad del grano de cacao* (1.^a ed.). Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). [https://fhia.org.hn/wp-content/uploads/Manual para la Evaluacion de la Calidad del Grano de Cacao.pdf](https://fhia.org.hn/wp-content/uploads/Manual_para_la_Evaluacion_de_la_Calidad_del_Grano_de_Cacao.pdf)
- Aldave Palacios, G. J. (2016). *Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en los caracteres sensoriales y en las propiedades químicas de granos de cacao (Theobroma cacao L.) procedente de Uchiza, San Martín–Perú para la obtención de nibs* [Tesis, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/5009/Aldave_pj.pdf
- Alfonso Jaén, M., Negro Álvarez, M. J., Sáez Angulo, R., & Martín Moreno, C. (1986). *Actividad enzimática del complejo celulolítico producido por Trichoderma reesei. Hidrólisis enzimática de la celulosa* (Informe técnico). Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas. <https://www.osti.gov/etdeweb/servlets/purl/20892636>
- Álvarez Coello, L., Vera Chang, J., Vallejo Torres, C., & Tuárez García, D. (2020). Aprovechamiento de almendras de jackfruit adicionado manteca de cinco clones experimentales de cacao extraída a partir de mazorcas infectadas con moniliasis para la obtención de crema de chocolate blanco. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 1(1), 61–68. <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/download/316/566>
- Álvarez Córdova, E. (2020). *Guía técnica para la elaboración de chocolate*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/623.pdf>
- Álvarez, C., Tovar, L., García, H., Morillo, F., Sánchez, P., & Girón, C. (2010). Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. 10(1):76-87.
- Alvargonzález, D. (1992). *El sistema de clasificación de Linneo*. Pentalfa. <https://www.researchgate.net/publication/331481473>

- Andrade-Almeida, J. A., Rivera-García, J., Chire-Fajardo, G. C., & Ureña-Peralta, M. O. (2019). Propiedades físicas y químicas de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) de Ecuador y Perú. *Enfoque UTE*, 10(4), 1–12. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8313009>
- ANECACAO. (2014). *Actualidad y perspectivas del sector cacaotero en Ecuador*. <http://www.anecacao.com/uploads/2014/09/1-El-Ecuador-Actualidad-y-Perspectivas-del-Sector-Cacaotero-ANECACAO-cumbre-mundial-del-cacao-2014.pdf>
- ANECACAO. (2015). Revista especializada en cacao. *Sabor Arriba*, 3(Parte II), 44. <https://www.anecacao.com>
- ANECACAO. (2019). Sector exportador de cacao. <http://www.anecacao.com/uploads/estadistica/cacao-ecuador-2019-4.pdf>
- Aranzazu Hernández, F., & Jaimes Suárez, Y. Y. (2010). *Manejo de las enfermedades del cacao (Theobroma cacao L) en Colombia, con énfasis en monilia (Moniliophthora roreri)*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (CORPOICA). <https://doi.org/10.21930/978-958-740-034-2>
- Araujo Abad, L. S. (2016). *Verificación del método analítico de espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito para la cuantificación de cadmio en almendra de cacao (Theobroma cacao)* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Institucional UPS. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/13242>
- Armijos Paredes, A. I. (2002). *Características de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (Theobroma cacao L.) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1403>
- Armijos Paredes, A. I. (2002). *Características de acidez como parámetro químico de calidad en muestras de cacao (Theobroma cacao L.) fino y ordinario de producción nacional durante la fermentación* [Tesis de licenciatura, Universidad Católica del Ecuador]. Repositorio INIAP. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1403>
- Arosemena Arosemena, G. (1991). *El fruto de los dioses* (Vols. 1–2). Editorial Graba. <https://www.alasru.org/pdf/Cacao.y.campe%C3%B1inos.pdf>
- Arteaga-Sacro, A. A., & Villota-Bedoya, D. F. (2016). Efecto del consumo agudo de cafeína sobre la fuerza máxima y los niveles de lactato en sangre en jóvenes sedentarios: Ensayo clínico aleatorizado. *Universidad y Salud*, 18(1), 266–275. <https://doi.org/10.22267/rus.161802.37>
- Arvelo Sánchez, M. Á., González León, D., Maroto Arce, S., Delgado López, T., & Montoya López, P. (2017). *Manual técnico del cultivo de cacao: Prácticas latinoamericanas*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. <https://hdl.handle.net/11324/6181>
- Ayestas, E., Vega-Jarquín, C., Torres, P., Lanzas, J., Orozco, L., & Astorga, C. (2016). Puntos críticos del manejo poscosecha de cacao en Waslala,

- Nicaragua. La Calera, 14(22), 5–12.
<https://doi.org/10.5377/calera.v14i22.2650>
- Bécquer, C. J., Galdo, Y., Mirabal, A., Quintana, M., & Puentes, A. (2017). Rizobios aislados de leguminosas forrajeras de un ecosistema ganadero árido de Holguín, Cuba. Tolerancia a estrés abiótico y producción de catalasa (Fase II). *Cuban Journal of Agricultural Science*, 51(1), 117–127.
<https://cjasience.com/index.php/CJAS/article/view/692>
- Calderón, R., Chaurán, Y., Mendoza, N., Vega, C., Rojas, J., & Manganiello, L. (2016). Operating parameters more appropriate in the process of roasted cocoa almonds. *Revista Ingeniería UC*, 23, 1–10.
<https://www.redalyc.org/pdf/707/70745478009.pdf>
- Capó Martí, M. A. (2007). *Principios de ecotoxicología: Diagnóstico, tratamiento y gestión del medio ambiente*. Tébar.
<https://books.google.com/books?id=gO9XngEACAAJ>
- Cardona Velásquez, L. M., Rodríguez-Sandoval, E., & Cadena Chamorro, E. M. (2016). 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>
- Casteblanco, J. A. (2018). Heavy metals remediation with potential application in cocoa cultivation. *La Granja: Journal of Life Sciences*, 27(1), 20–33.
<https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.02>
- Casteñeda Partida, M. de J. L. (2004). Clonación. *Revista Digital Universitaria*, 5(2), 3–12. https://www.revista.unam.mx/vol.5/num2/art7/ene_art7.pdf
- Cedeño Saavedra, D. A., Canchignia Martínez, H. F., Cruz Rosero, N., Guerra Cuenca, F. F., Gaibor Fernández, R., & Cedeño Moreira, Á. V. (2017). Rizobacterias que promueven el desarrollo e incremento en productividad de *Glycine max* L. *Ciencia y Tecnología*, 10(1), 7–15.
<https://doi.org/10.18779/cyt.v10i1.198>
- Codini, M., Díaz Vélez, F., Ghirardi, M., & Villavicencio, I. (2004). Obtención y utilización de la manteca de cacao. *Invenio: Revista de investigación académica*, 7(12), 143–148.
<https://www.redalyc.org/pdf/877/87701213.pdf>
- Comisión Europea. (2014). *Reglamento (UE) n.º 488/2014 de la Comisión, de 12 de mayo de 2014, que modifica el Reglamento (CE) n.º 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios*. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 138, 75–79. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2014/488/oj>
- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. (2005). *Diagnóstico del Cacao Sabor Arriba: Sector de ingredientes naturales para la industria alimenticia*
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12503/4/DinamicaDeLaComercializacionDelCacaco.pdf>

- Corporación Financiera Nacional. (2018, febrero). *Ficha sectorial: Cacao y chocolate*. <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2018/04/Ficha-Sectorial-Cacao.pdf>
- Covarrubias, S. A., García Berumen, J. A., & Peña Cabriaes, J. J. (2015). El papel de los microorganismos en la biorremediación de suelos contaminados con metales pesados. *Acta Universitaria*, 25(NE-3), 40–45. <https://doi.org/10.15174/au.2015.907>
- Cuadrado, B., Rubio, G., & Santos, W. (2009). Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de frijol caupí (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos. *Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas*, 38(1), 78–104.
- Davie, J. H. (1935). Chromosome studies in the malvaceae and certain related families. II. *Genetica*, 17(5–6), 487–498. <https://doi.org/10.1007/BF01508190>
- Enríquez, G. (2010). *Cacao orgánico: Guía para productores ecuatorianos*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4571>
- Enríquez, G. A. (1979). *La moniliasis del cacao* (Boletín divulgativo No. 72). Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1235.pdf>
- Espinosa, J., Mite, F., Cedeño, S., Barriga, S., & Andino, J. (2006). Manejo por sitio específico del cacao basado en sistemas de información geográfica. *Informaciones Agronómicas*, (60), 10–14. [http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/24556D23CD98D2B9852579A3006D832E/\\$FILE/Manejo%20de%20sitio%20espec%20C3%ADfico%20del%20Cacao....pdf](http://www.ipni.net/publication/ia-lahp.nsf/0/24556D23CD98D2B9852579A3006D832E/$FILE/Manejo%20de%20sitio%20espec%20C3%ADfico%20del%20Cacao....pdf)
- Espinoza Solis, E., & Arteaga Estrella, Y. (2015). Diagnóstico de los procesos de asociatividad y la producción de cacao en Milagro y sus sectores aledaños / Diagnosis of the process of partnership and cocoa production and Milagro surrounding areas. *Ciencia UNEMI*, 8(14), 105–112. <https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol8iss14.2015pp105-112p>
- European Food Safety Authority. (2011). Statement on tolerable weekly intake for cadmium. *EFSA Journal*, 9(2), 1975. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2011.1975>
- Fernández Lizarazo, J. C., Bohorquez Santana, W., & Rodríguez Villate, A. (2016). Dinámica nutricional de cacao bajo diferentes tratamientos de fertilización con N, P y K en vivero. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 10(2), 367–380. <https://doi.org/10.17584/rcch.2016v10i2.4702>
- Figueira, A., Janick, J., Levy, M., & Goldsbrough, P. (1994). Reexamining the classification of *Theobroma cacao* L. using molecular markers. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(5), 1073–1082. <https://doi.org/10.21273/JASHS.119.5.1073>

Referencias:

- García Escobar, H. M., & Martínez Ramírez, R. N. (2018). *Determinación del perfil de sabor de doce cacaos autóctonos (Theobroma cacao L.) producidos en siete fincas cacaoteras de El Salvador* [Tesis]. Repositorio UES. <https://hdl.handle.net/20.500.14492/2867>
- González Illescas, M., Flores González, M., & García Carpio, T. (Eds.). (2018). *Dinámica de la producción y comercialización del cacao ecuatoriano: Un enfoque en la provincia de El Oro*. Editorial UTMACH. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12503/4/DinamicaDeLaComercializacionDelCacaco.pdf>
- Graziani de Fariñas, L., Ortiz de Bertorelli, L., & Parra, P. (2003). Características químicas de la semilla de diferentes tipos de cacao de la localidad de Cumboto, Aragua. *Agronomía Tropical*, 53(2), 133–144. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2003000200002&lng=es&nrm=iso
- Gutiérrez Seijas, M. (2012). Efecto de la frecuencia de remoción y tiempo de fermentación en cajón cuadrado sobre la temperatura y el índice de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 12(4), 914–918. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6104327.pdf>
- Hebbar, P. K. (2007). Cacao diseases: A global perspective from an industry point of view. *Phytopathology*, 97(12), 1658–1663. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-97-12-1658>
- Hernández, A. B., García, L. A., Guillón, M. de la P., & Monteoliva, E. (2017, mayo). *El método de Taguchi aplicado a la calidad de diseño de un banco de extracción de gases de sellos mecánicos* [Ponencia]. XXX ENDIO y XXVIII EPIO, Córdoba, Argentina. https://www.researchgate.net/publication/318015024_EL_METODO_DE_TAGUCHI_APLICADO_A_LA_CALIDAD_DE_DISENO_DE_UN_BANCO_DE_EXTRACCION_DE_GASES_DE_SELLOS_MECANICOS
- Hurst, W. J., Tarka, S. M., Jr., Powis, T. G., Valdez, F., Jr., & Hester, T. R. (2002). Cacao usage by the earliest Maya civilization. *Nature*, 418(6895), 289–290. <https://doi.org/10.1038/418289a>
- Hurst, W. J., Tarka, S. M., Jr., Powis, T. G., Valdez, F., Jr., & Hester, T. R. (2002). Cacao usage by the earliest Maya civilization. *Nature*, 418(6895), 289–290. <https://doi.org/10.1038/418289a>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1987). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 175: Cacao en grano—Ensayo de corte*. <https://anecacao.com/wp-content/uploads/2023/05/ensayosdecortes.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1988). *Pasta (masa, licor) de cacao* (NTE INEN 623). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/623.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1995). *Cacao en grano—Muestreo* (NTE INEN 177:1995). <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/177.pdf>

Referencias:

- Instituto Ecuatoriano de Normalización. (1995). *Cacao en grano—Muestreo* (NTE INEN 177:1995)
- Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. (2015). *Agricultura y variabilidad climática: Lo que debemos saber del clima* (Ficha técnica No. 1). <http://repositorio.iica.int/bitstream/handle/11324/2601/1/BVE17038689e.pdf>
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. (2010). *Manejo técnico del cultivo de cacao en Manabí*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4875/1/iniappom75.pdf>
- International Organization for Standardization. (2017). *Cocoa beans—Specification and quality requirements* (ISO Standard No. 2451:2017). <https://www.iso.org/standard/68202.html>
- Jordan, D. C. (1982). Transfer of *Rhizobium japonicum* Buchanan 1980 to *Bradyrhizobium* gen. nov., a genus of slow-growing, root nodule bacteria from leguminous plants. *International Journal of Systematic Bacteriology*, 32(1), 136–139. <https://doi.org/10.1099/00207713-32-1-136>
- Lanaud, C., Llor Solórzano, R., Zarrillo, S., & Valdez, F. (2012). Origen de la domesticación del cacao y su uso temprano en Ecuador. *Nuestro Patrimonio*, (34), 12–14. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers19-08/010076407.pdf
- Londoño Franco, L. F., Londoño Muñoz, P. T., & Muñoz García, F. G. (2016). Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145–153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Londoño Vélez, S. (1999). *Virtudes y delicias del chocolate*. Compañía Nacional de Chocolates.
- Llor Solórzano, R. G., Sotomayor Cantos, I. A., Jiménez Barragán, J. C., Tarqui Freire, O. M., Rodríguez Zamora, G. A., Casanova Mendoza, T. de J., & Quijano Rivadeneira, G. C. (2018). *INIAP-EETP-800 e INIAP-EETP-801 nuevos clones de cacao fino y de aroma con alto rendimiento* (Plegable No. 436). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstreams/4f89802c-f3b5-4a28-8b6b-287798f28ae0/download>
- López-Navarrete, M. C., & Hernández-Gómez, E. (2011). El proceso de fermentación del cacao (*Theobroma cacao* L.). *Agro Productividad*, 4(1), 20–24. <https://mail.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/572>
- Loureiro, G. A. H. de A., Araujo, Q. R. de, René-Valle, R., Andrade-Sodré, G., & Souza, S. M. M. de. (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), 579–587. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>

- Lupton, N. C., Sánchez-Riofrío, A., & Kerpel, A. (2019). Chocolate Pacari: Preservando la biodiversidad, viviendo sin remordimientos. *Emerald Emerging Markets Case Studies*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1108/EEMCS-11-2019-0313>
- Maiguashca, J. (2014). La incorporación del cacao ecuatoriano al mercado mundial entre 1840 y 1925, según los informes consulares. *Procesos. Revista Ecuatoriana de Historia*, 1(35), 67–98. <https://doi.org/10.29078/rp.v1i35.49>
- Marcondes de Souza, J. A., Carareto Alves, L. M., de Mello Varani, A., & de Macedo Lemos, E. G. (2014). The family Bradyrhizobiaceae. En E. Rosenberg, E. F. DeLong, S. Lory, E. Stackebrandt, & F. Thompson (Eds.), *The Prokaryotes* (pp. 135–154). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30197-1_253
- Mejía-Reyes, J. D., Coronel-Niño, R., Gálvez-López, D., Rosas-Quijano, R., & Vázquez-Ovando, A. (2018). Efecto de la fermentación y del tostado sobre el contenido de aminas biogénicas en semillas de cacao. *Journal of Negative and No Positive Results*, 3(12), 958–979. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.2778>
- Meter, A., Atkinson, R. J., & Laliberte, B. (2019). *Cadmio en el cacao de América Latina y el Caribe: Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación*. Bioversity International. [https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1505/Cadmio en el cacao de America Latina y el Caribe.pdf?sequence=1](https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1505/Cadmio_en_el_cacao_de_America_Latina_y_el_Caribe.pdf?sequence=1)
- Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. (2016). *La política agropecuaria ecuatoriana: Hacia el desarrollo territorial rural sostenible 2015–2025. I parte: El sector agropecuario ecuatoriano: análisis histórico y prospectiva a 2025*. <https://www2.competencias.gob.ec/wp-content/uploads/2021/03/02-06PPP2015-POLITICA02-1.pdf>
- Mite, F., Carrillo, M., & Durango, W. (2010, noviembre 17–19). Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas en Ecuador [Ponencia]. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo, Santo Domingo, Ecuador. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstreams/d852db36-0811-4c45-8769-b2f30741da0c/download>
- Molina, C., & Espín, N. (2014). Obtención de extractos enzimáticos con actividad ligninolítica y celulolítica a partir del crecimiento del hongo *Lentinus edodes* en aserrín tropical. *Revista Politécnica*, 33(2), 1–7. http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/120
- Montaleza Armijos, J. F., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2020). Análisis de la diversidad morfológica de cacao (*Theobroma cacao* L.) del jardín clonal de la Universidad Técnica de Machala. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(2), 45–57. <https://aes.ucf.edu.ec/index.php/aes/article/view/400>

- Motamayor, J. C., Risterucci, A. M., Lopez, P. A., Ortiz, C. F., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domestication I: The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity*, 89(5), 380–386. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800156>
- Ortiz Crespo, G. (2014). Los tres auges del cacao. *Gestión: Economía y Sociedad*, (238), 34–37. <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/1442/1270>
- Otárola Gamarra, A. (2018). *Efecto de la enzima pectolítica y levadura (Saccharomyces cerevisiae) en la fermentación y calidad del cacao var. criollo (Theobroma cacao)* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Científico UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/2412>
- Ozawa, T., & Ijiri, K. (2015). Inhibitory effect of cadmium on competitive nodulation ability of *Bradyrhizobium japonicum*. *広島工業大学紀要. 研究編*, 49, 27–33. https://libwww.cc.it-hiroshima.ac.jp/library/pdf/research49_027-033.pdf
- Pérez García, P. E., & Azcona Cruz, M. I. (2012). Los efectos del cadmio en la salud. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 17(3), 199–205. <https://www.redalyc.org/pdf/473/47324564010.pdf>
- Pico, J. T., Calderón Peña, E. D., Fernández, F., & Díaz M., A. (2012). *Guía del manejo integrado de enfermedades del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) en la Amazonía* (19 p.). INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonía. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/3752>
- Pineda, R. del P., Chica, M. J., Echeverri, L. F., Ortiz, A., Olarte, H. H., & Riaño, N. M. (2012). Influencia de la fermentación y el secado al sol sobre las características del grano de cacao TSH 565 e ICS 60. *Vitae*, 19(1), S288–S290. <https://revistas.udea.edu.co/index.php/vitae/issue/view/1155>
- Pinzón Useche, J., & Ardila Rojas, J. (2003). *Guía técnica para el cultivo del cacao*. Federación Nacional de Cacaoteros (FEDECACAO). <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/3666/1/031.1.pdf>
- Pipitone, L. (2015, septiembre 22). *Cocoa supply & demand: What to expect in the coming years?* [Diapositivas de presentación]. International Cocoa Organization. <https://www.icco.org/wp-content/uploads/1-Laurent-Pipitone-Cocoa-Market-Outlook-2015.pdf>
- Ponce Jarrín, J., & Vera, L. (Eds.). (2009). *Nuevas estrategias nacionales de desarrollo: Realidades y retos para Ecuador* (3.^a ed.). SENPLADES; FLACSO Ecuador; Naciones Unidas. https://biblio.flacsoandes.edu.ec/shared/biblio_view.php?bibid=110522&ab=opac
- Portillo, E., Labarca, M., Grazziani, L., Cros, E., Assemet, S., Davrieux, F., Boulanger, R., & Marcano, M. (2009). Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela. *Revista Científica UDO Agrícola*, 9(2), 458–468. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3308653.pdf>

- Posada Borrero, Á. (1952). Contribución a la inoculación bacteriana de semillas de soya. *Acta Agronómica*, 2(1), 53–72. https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/viewFile/49162/50239
- Pro Ecuador. (2018, abril 20). Alimentos frescos, semielaborados y elaborados. <https://www.proecuador.gob.ec/alimentos-frescos-semielaborados-y-elaborados-2/>
- Quevedo Guerrero, J. N., Romero López, J. A., & Tuz Guncay, I. G. (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://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/172>
- Quingaísa, E. (2007, noviembre). *Estudio de caso: Denominación de origen "Cacao Arriba"*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. https://www.fao.org/fileadmin/templates/olq/documents/Santiago/Documentos/Estudios%20de%20caso/Cacao_Ecuador.pdf
- Quintero Rizzuto, M. L., & Díaz Morales, K. M. (2004). El mercado mundial del cacao. *Agroalimentaria*, 9(18), 47–59. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1316-03542004000100004&script=sci_arttext
- Quiroz V., J. (2012). *Influencia de la agronomía y cosecha sobre la calidad del cacao* (Boletín Técnico No. 147). Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2049/1/iniaplsbt147i.pdf>
- Quiroz Vera, J. G. (2009). *La producción del cacao: Programa de capacitación a facilitadores y agricultores en la cadena de cacao* (52 p.). CAMAREN/INIAP, Estación Experimental Central de la Amazonía. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5068>
- Quizhpi Nieves, E. X. (2016). *Caracterización del mucílago de cacao CCN 51 mediante espectrofotometría UV-visible y absorción atómica: Caso Ecuador-zona 6* [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/25266>
- Ramírez Lepe, M. (2014, 2 de septiembre). *Cacao, un cultivo milenario que en México tiene una tendencia a desaparecer* [PDF]. Dirección de Comunicación de la Ciencia, Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/cienciauv/files/2014/09/Cacao-00.pdf>
- Ramírez-Guillermo, M. Á., Lagunes-Espinoza, L. C., Ortiz-García, C. F., Gutiérrez, O. A., & de la Rosa-Santamaría, R. (2018). Variación morfológica de frutos y semillas de cacao (*Theobroma cacao* L.) de plantaciones en Tabasco, México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 41(2), 117–125. <https://doi.org/10.35196/rfm.2018.2.117-125>

Referencias:

- Ramírez, A. (2002). Toxicología del cadmio: Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. *Anales de la Facultad de Medicina*, 63(1), 51–64. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8351616.pdf>
- Ramos Bayas, M. (2014). *Estudio de caso: Asociación de Productores Orgánicos de Vines APOVINCES: Autogestión y fortalecimiento asociativo de base familiar campesina en la producción de cacao*. Movimiento Regional por la Tierra. <https://porlatierra.org/docs/b80617086a31188e56635a5b3f856727.pdf>
- Revoredo Marquina, A. G. (2018). *Efecto del tratamiento con 3 cepas de estreptomicetos en la acumulación de cadmio en plantas de Theobroma cacao L.* [Tesis de pregrado, Universidad Peruana Cayetano Heredia]. Repositorio Institucional UPCH. <https://hdl.handle.net/20.500.12866/1475>
- Rivera Fernández, R. D., Barrera Álvarez, A. E., Guzmán Cedeño, Á. M., Medina Quinteros, H. N., Casanova Ferrín, L. M., & Peña Galeas, M. M. (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo Nacional. *Ciencia y Tecnología*, 5(1), 7–12. https://uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_calidad%20fisica%20quimica%20cacao.pdf
- Rosas-Patiño, G., Puentes-Páramo, Y. J., & Menjivar-Flores, J. C. (2017). Relación entre el pH y la disponibilidad de nutrientes para cacao en un entisol de la Amazonia colombiana. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(3), 529–541. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num3_art:742
- Salazar Pacheco, M. B. (2020). *Aplicación de siete bioles sobre el desarrollo agronómico en cacao (Theobroma cacao L.) de origen sexual y asexual en etapa productiva en la finca experimental La Represa* [Trabajo de titulación de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5372/1/T-UTEQ-0267.pdf>
- Sánchez Cuevas, M. C., Jaramillo Aguilar, E. E., & Ramírez-Morales, I. (2015). *Enfermedades del cacao*. Universidad Técnica de Machala. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6921>
- Sánchez Mora, F. D., & Garcés Fiallos, F. R. (2012). *Moniliophthora roreri* (Cif y Par) Evans et al. en el cultivo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, 3(3), 249–258. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2012.03.06>
- Santana Macías, P. K. (2017). *Mucílago de cacao (Theobroma cacao L.), nacional y trinitario para la obtención de una bebida hidratante* [Proyecto de investigación de grado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. Repositorio UTEQ. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/2262/1/T-UTEQ-0033.pdf>
- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2018). *Granos de cacao. Requisitos (NTE INEN 176:2018)*. https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_176-5.pdf

Referencias:

- Servicio Ecuatoriano de Normalización. (2018). *Granos de cacao. Requisitos* (NTE INEN 176:2018). https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_176-5.pdf
- Singh, J., & Lee, B.-K. (2016). Influence of nano-TiO₂ particles on the bioaccumulation of Cd in soybean plants (*Glycine max*): A possible mechanism for the removal of Cd from the contaminated soil. *Journal of Environmental Management*, 170, 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.01.015>
- Solórzano Chavez, E., Nicklin, C., Amores Puyutaxi, F., Jiménez Barragan, J., & Barzola Miranda, S. (2015). Comparación sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 8(1), 37–47. <https://doi.org/10.18779/cyt.v8i1.142>
- Solórzano Chavez, E., Nicklin, C., Amores Puyutaxi, F., Jiménez Barragan, J., & Barzola Miranda, S. (2015). Comparación sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 8(1), 37–47. <https://doi.org/10.18779/cyt.v8i1.142>
- Suárez Capello, C., Moreira Duque, M., & Vera Barahona, J. (1994). *Manual del cultivo de cacao* (Manual No. 25). Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Tropical Pichilingue. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1621>
- Suquilanda Valdivieso, M. B. (Ed.). (2012). *Producción orgánica de cultivos andinos* (Manual técnico). Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf
- Teneda Llerena, W. F. (2016). *Mejoramiento del proceso de fermentación del cacao* (*Theobroma cacao* L.) variedad Nacional y variedad CCN51. Universidad Internacional de Andalucía. <https://doi.org/10.56451/10334/374>
- Vallejo Torres, C. A., Loayza Flores, G. L., Morales Rodríguez, W., & Vera Chang, J. (2018). Perfil sensorial de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Valle Hermoso–Ecuador. *Revista ESPAMCIENCIA*, 9(2), 103–113
- Vega Pineda, F., Rodríguez Campo, J., Escalona Buendía, H., & Cervantes Lugo, E. (2016). *Optimización del proceso de tostado de Theobroma cacao var. Criollo en función del perfil cromatográfico* (pp. 181–186). <https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/417/1/Optimización%20del%20proceso%20de%20tostado.pdf>
- Vera Chang, J. F., & Vera Barahona, J. S. (2018). *Resumen de principios de diseños experimentales*. Grupo Compás. <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3764>

Referencias:

- Vera Chang, J. F., Castaño Oliva, R., & Torres Navarrete, Y. G. (2018). *Fundamentos de metodología de la investigación científica* (1.^a ed.). Grupo Compás. <http://142.93.18.15:8080/jspui/bitstream/123456789/274/3/libro.pdf>
- Vera Chang, J. F., Torres Navarrete, Y. G., & Vallejo Torres, C. A. (2016). *Guía para el mejoramiento de la calidad del cacao nacional* (Vol. 1). Universidad Técnica Estatal de Quevedo. https://www.researchgate.net/publication/325985827_GUIA_PARA_EL_MEJORAMIENTO_DE_CACAO_NACIONAL
- Vera Chang, J., & Goya Baquerizo, A. (2015). Comportamiento agronómico, calidad física y sensorial de 21 líneas híbridas de cacao (*Theobroma cacao* L.). *La Técnica: Revista de las Agrociencias*, (15), 26–37. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i15.539
- Villanueva Tarazona, E. E., & Quintana Díaz, A. (2012). Aislamiento y selección de bacterias nativas de rizobios fijadores de nitrógeno, a partir de nódulos radiculares de *Phaseolus vulgaris*. *REBIOL: Revista Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas*, 32(1), 24–30
- Wacher Rodarte, M. del C. (2011, 1 de abril). Microorganismos y chocolate. *Revista Digital Universitaria*, 12(4), 1–9. <https://www.revista.unam.mx/vol.12/num4/art42/art42.pdf>
- Wright, S. F., Wright, R. J., Sworobuk, J. E., & Boyer, D. G. (1988). Effect of acid soil chemical properties on nodulation and competition of *Rhizobium trifolii*. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 19(3), 311–325. <https://doi.org/10.1080/00103628809367941>
- Zambrano Muñoz, D. M. (2020). *Estudio del contenido en cadmio de cacao (Theobroma cacao L.) ecuatoriano y su incidencia en el consumo humano* [Trabajo fin de máster, Universidad de Córdoba]. Helvia. <https://hdl.handle.net/10396/20041>
- Zambrano, A., Gómez, Á., Ramos, G., Romero, C., Lacruz, C., & Rivas, E. (2010). Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado. *Agronomía Tropical*, 60(4), 389–396. <https://ve.scielo.org/pdf/at/v60n4/art09.pdf>
- Zarrillo, S., Gaikwad, N., Lanaud, C., Powis, T., Viot, C., Lesur, I., Fouet, O., Argout, X., Guichoux, E., Salin, F., Llor Solórzano, R., Bouchez, O., Vignes, H., Severts, P., Hurtado, J., Yépez, A., Grivetti, L., Blake, M., & Valdez, F. (2018). The use and domestication of *Theobroma cacao* during the mid-Holocene in the upper Amazon. *Nature Ecology & Evolution*, 2(12), 1879–1888. <https://doi.org/10.1038/s41559-018-0697-x>

El consumo de chocolate al nivel nacional e internacional tiene un índice muy elevado, para ser exportado debería cumplir con un reglamento 488/2014 de la Unión Europea, el objetivo principal de la investigación fue determinar si con la aplicación de *Rhizobium japonicum* en la fermentación existía una reducción de cadmio en las almendras de cacao y a su vez si mejoraba sus condiciones o aspectos sensoriales con la inducción del microorganismo que se indujo una vez cosechado aplicado al cacao fresco, en diferentes concentraciones 3%(60 ml) y 5%(100 ml), durante el tiempo fermentativo se realizó análisis físicos para conocer su pH, °Brix y temperatura. Las almendras secadas al sol durante 6 días, se les realizó la prueba de corte para conocer su estado de fermentación por cada 100 almendras al azar, se realizó a la pasta de cacao un análisis sensorial donde se evaluó aroma, sabor, acidez, amargor, intensidad, con ayuda de un panel de catación semientrenados que consto de 10 personas con el fin de conocer sensorialmente las variables antes mencionadas dando resultados significativos, además se hizo un análisis de costo por tratamiento para así determinar la rentabilidad en función a la inducción de este microorganismo dando como resultado los testigos T1 y T4 (\$52,02) y demás inducciones T2,T3,T5,T6 con un promedio de (\$53,94) dando como diferencia promedio de 1.92 ctvs. Se fijó conocer cuanto disminuía el cadmio con la aplicación de *Rhizobium japonicum* para lo cual se envió al laboratorio WSS mismos datos que fueron muy aceptables.

Palabras Clave: rhizobium japonicum, cacao, cadmio, sensorial, concentraciones, tratamientos.

Abstract

Chocolate consumption at national and international level has a very high rate. To be exported must comply with Regulation 488/2014 of the European Union. The main goal of this research was to determine whether with *Rhizobium japonicum* application in fermentation there is a reduction of cadmium in cocoa almonds; and, if their sensory conditions or aspects would improve with the induction of the microorganism that was induced once harvested and applied to fresh cocoa, at different concentrations 3%(60 ml) and 5%(100 ml), during the fermentation time physical analyses were carried out to know its pH, Brix and temperature. Almonds were dried in the sun for 6 days, after this they were tested for fermentation status. For every hundred random almonds a sensory analysis was performed on cocoa paste where aroma, flavor, acidity, bitterness and intensity were evaluated; with the help of a semi-trained tasting panel of ten people, the above-mentioned variables were sensory-known with significant results; in addition, a cost-per-treatment analysis was performed to determine profitability based on the induction of this microorganism resulting in witnesses T1 and T4 (\$52.02) and other inductions T2,T3,T5,T6 with an average of (\$53.94) giving as an average difference of 1.92 ctvs. It was fixed to know how much cadmium decreased with the application of *Rhizobium japonicum* for which the same data was sent to the WSS laboratory with really acceptable results.

Keywords: rhizobium japonicum, cocoa, cadmium, sensory, concentrations, treatments.



<http://www.editorialgrupo-aea.com>



[Editorial Grupo AeA](#)



[editorialgrupoea](#)



[Editorial Grupo AEA](#)

ISBN: 978-9942-598-07-3



9 789942 598073