



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA DE LICENCIATURA EN GESTIÓN AMBIENTAL

Proyecto de Investigación previo a la
obtención del título de Licenciatura
en Gestión Ambiental

Título del Proyecto de Investigación:

**“MITIGACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL CADMIO EN LA ALMENDRA
DE (CACAO) *Theobroma cacao* L.”**

Autora:

Angie Briggette Castro Maruri

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. Wiston Javier Morales Rodríguez, MSc

Quevedo - Los Ríos – Ecuador

2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y GESTIÓN DE DERECHO

Yo, **Angie Briggette Castro Maruri**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

f. _____

Angie Briggette Castro Maruri

C.C. # 1311063067

CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DEL INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. Wiston Javier Morales Rodríguez MSc**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante **Angie Briggette Castro Maruri**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**Mitigación de la concentración del Cadmio en la almendra de (cacao) *Theobroma cacao* L.**” previo a la obtención del título de Licenciatura en Gestión Ambiental, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Firmado electrónicamente por:
**WISTON JAVIER
MORALES
RODRIGUEZ**

Ing. Wiston Javier Morales Rodríguez MSc

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Por medio del presente me permito certificar, que la Srta. Angie Briggette Castro Maruri, estudiantes egresada de la Carrera de Licenciatura en Gestión Ambiental presencial, una vez que se revisó el proyecto de investigación “Mitigación de la concentración del cadmio en la almendra de (cacao) *Theobroma cacao* L.”, tengo a bien informar que se realizó la revisión respectiva por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable de 3%.

Se adjunta imagen del sistema Urkund.



Document Information

Analyzed document	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN - ANGIE CASTRO M...docx (D114049110)
Submitted	2021-10-02 04:58:00
Submitted by	
Submitter email	angie.castro2016@uteq.edu.ec
Similarity	3%
Analysis address	wmorales.uteq@analysis.orkund.com



Firmado electrónicamente por:
**WISTON JAVIER
MORALES
RODRIGUEZ**

Ing. Wiston Javier Morales Rodríguez MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE LICENCIATURA EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“MITIGACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DEL CADMIO EN LA ALMENDRA
DE (CACAO) *Theobroma cacao* L.”**

Presentado a la Consejo Directivo como requisito previo a la obtención del Título de
Licenciatura en Gestión Ambiental.

Aprobado por:

Firmado
MERCEDES SUSANA digitalmente por
CARRANZA PATIÑO MERCEDES SUSANA
CARRANZA PATIÑO

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Mercedes Carranza Patino Ph.D.



Firmado digitalmente por:
**CARLOS ALBERTO
NIETO CANARTE**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos Nieto Cañarte Msc



Firmado digitalmente por:
**JAIME ALFREDO
MORANTE CARRIEL**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Jaime Morante Carriel Ph.D.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2021

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios ante todo por guiar mi camino y brindarme la oportunidad llegar a cumplir esta meta tan complicada que tanto sacrificio y dedicación me ha costado conseguir.

A mi hija por ser ese pilar para no derrumbarme en los momentos más difíciles, por ser mi inspiración y mis ganas de ser un ejemplo y su modelo a seguir.

A mis padres, abuelos, hermanos, esposo por ser parte fundamental de este triunfo.

A mis queridos amigos de la universidad, con los cuales he compartido grandes momentos y siempre estuvieron ahí en las buenas y las malas, si como también a mis compañeros del laboratorio quienes fueron mi brazo derecho y mi apoyo en ese momento tan complicado para mí.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo a su personal tanto administrativo como académico por ser parte de ese vital apoyo en todo este camino por prestar sus servicios y compartir sus conocimientos, fomentando el crecimiento académico de muchos estudiantes en diferentes ámbitos.

Agradezco a mi tutor de tesis al Ing., MSc. Wiston Fabian Morales Rodríguez, por brindarme su paciencia y confianza en la culminación de este proyecto. De igual forma a la Dra. Mercedes Carranza y el Ing. Erick García, por su guía y sus observaciones.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi Dios todo poderoso y mi hija Meredith Castro, quienes fueron mi inspiración, mi fortaleza, mi apoyo y mis ganas de salir adelante en todas las etapas de mi vida.

Angie Briggette Castro Maruri

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación se llevó a cabo en la asociación de productores de cacao APROCANE proveniente del cantón Eloy Alfaro de la provincia de Esmeraldas-Ecuador. El proyecto tuvo como objetivo evaluar el método para mitigar la concentración de cadmio en almendras de cacao en el proceso de fermentación rápida usando la enzima pectintranseliminasa y de esta forma minimizar el impacto generado. El estudio experimental fue completamente al azar, con once tratamientos y tres repeticiones. Se utilizó como muestra 15 mazorcas sanas en su punto de madurez, luego se realizó la aplicación de la enzima, presecado, lavado, secado y registro de sus variables. Se realizó un análisis de varianza y separación de las medias con la prueba de Tukey al 5%. Los resultados indicaron que el contenido de cadmio en las almendras redujo en forma altamente significativa ($p > 0,05$); el cacao Nacional mostró una disminución en el tratamiento T6 (1,07), (lavado completo y secado en zaranda y en el cacao CCN-51 el tratamiento T9 (1,51) (lavado completo con secado de 24 en un tendal), con relación al testigo quien mostró niveles más bajos en sus análisis pero es irrelevante por que se desconoce sus procesos, tratamientos y remediación de suelos contaminados por metales pesados. Cabe destacar que el uso de la enzima pectintranseliminasa si tuvo efecto positivo sobre la calidad física y sensorial del cacao ya que aportó en gran proporción a la fermentación rápida del cacao.

Palabras claves: pectintranseliminasa, enzima, fermentación, organoléptico.

ABSTRACT

This research was carried out in the association of cocoa producers APROCANE from the Eloy Alfaro canton in the province of Esmeraldas-Ecuador. The objective of the project was to evaluate the method to mitigate the concentration of cadmium in cocoa beans in the fast fermentation process using the enzyme pectintranseliminase and thus minimize the impact generated. The experimental study was completely randomized, with eleven treatments and three replicates. A sample of 15 healthy ears of corn at maturity was used, followed by the application of the enzyme, pre-drying, washing, drying and recording of variables. An analysis of variance and separation of means was carried out with the Tukey test at 5%. The results indicated that the cadmium content in the almonds reduced in a highly significant way ($p > 0.05$); the National cocoa showed a decrease in the treatment T6 (1.07), (complete washing and drying in a sieve and in the CCN-51 cocoa in the treatment T9 (1.51) (complete washing with drying of 24 hours in a sieve), in relation to the control, which showed lower levels in its analysis, but it is irrelevant because its processes, treatments and remediation of soils contaminated by heavy metals are unknown. It should be noted that the use of the enzyme pectintranseliminase did have a positive effect on the physical and sensory quality of the cocoa since it contributed in great proportion to the rapid fermentation of the cocoa.

Key words: pectintranseliminase, enzyme, fermentation, organoleptic.

ÍNDICE

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y GESTIÓN DE DERECHO	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DEL INVESTIGACIÓN	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	iv
AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
ABSTRACT	ix
CÓDIGO DUBLIN	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.1. Diagnóstico del problema.....	4
1.1.2. Pronostico del problema.	5
1.1.3. Formulación del problema.....	5
1.1.4. Sistematización del problema.....	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo general.	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3. Justificación.	7
CAPÍTULO II.....	8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	8
2.1. Marco conceptual.....	9
2.1.1. El Cacao.....	9
2.1.2. Composición química del cacao.	9

2.1.3.	Fermentación.	10
2.1.4.	pH.	10
2.2.	Metales pesados.	11
2.2.1.	Metales pesados en suelos.	11
2.2.2.	Comportamiento ambiental de los metales pesados.	11
2.3.	Cadmio.	12
2.3.1.	Características del Cadmio.	13
2.3.2.	Propiedades físico-químicas.	13
2.3.3.	Fuentes de acumulación del cadmio.	13
2.3.4.	Cadmio en suelos.	14
2.3.5.	Cadmio en el cacao.	15
2.3.6.	Exposición y Efectos del cadmio en la salud humana.	15
2.3.7.	Toxicidad del cambio en las plantas.	16
2.3.8.	Tecnologías para el tratamiento de suelos contaminados por cadmio.	16
2.3.9.	Remediación de los suelos contaminados por Cadmio.	17
2.3.10.	Fitorrestauración.	17
2.3.11.	Fitoextracción.	17
2.3.12.	Enzima.	17
2.4.	Marco referencial.	18
CAPÍTULO III		20
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		20
3.1.	Localización.	21
3.1.1.	Condiciones ambientales.	21
3.2.	Tipo de investigación.	22
3.2.1.	Diagnostico.	22
3.2.2.	Exploratoria.	23
3.3.	Métodos de investigación.	23

3.3.1. Método experimental.....	23
3.4. Fuentes de recopilación de información.	23
3.5. Diseño de la investigación.	23
3.5.1. Determinar la dosis óptima de la enzima pectintranseliminasa.....	24
en la fermentación rápida para mitigar la concentración de cadmio.	24
3.5.2. Analizar la calidad físico- química en la almendra de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.....	26
3.5.3. Establecer la calidad organoléptica en las almendras de cacao,.....	29
después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.	29
3.6. Tratamiento de los datos.	30
3.7. Recursos humanos y materiales.....	31
3.7.1. Recursos humanos.	31
3.7.2. Materiales.	31
CAPÍTULO IV	32
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1. Determinar la dosis óptima de la enzima pectintranseliminasa en la fermentación rápida para mitigar la concentración de cadmio.....	33
4.2. Analizar la calidad físico- química en la almendra de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.....	33
4.2.1. Análisis de las características físicas de almendras de Cacao Nacional.....	33
4.2.2. Análisis de las características físicas de almendras de cacao CCN-51.	35
4.2.3. Análisis de características químicas del cacao.	37
4.3. Establecer la calidad organoléptica en las almendras de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.....	44
4.3.1. Análisis estadístico de las características sensoriales de correlaciones lineales de Pearson.....	44
CAPITULO V	48
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	48

5.1. Conclusiones.....	49
5.2. Recomendaciones.....	50
CAPITULO VI.....	51
BIBLIOGRAFÍAS.....	51
6.1. Bibliografía.....	52
CAPITULO VII.....	59
ANEXOS.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	9
Tabla 2. Composición química del cacao.....	10
Tabla 3. Factores de estudio en Poscosecha del cacao.....	24
Tabla 4. Distribución de dosis optima de enzima Pectintranseliminasa.....	25
Tabla 5. Procedimiento experimental.....	26
Tabla 6. Clasificación y características del grano.....	28
Tabla 7. Sabores básicos de la pasta de cacao.....	29
Tabla 8. Materiales utilizados en el proceso.....	31
Tabla 9. Análisis físico en almendras de Cacao Nacional.....	35
Tabla 10. Análisis físico en almendras de Cacao CCN-51.....	36
Tabla 11. Resultados de parámetros químicos en las muestras.....	38
Tabla 12. Contenido de cadmio en almendra de cacao.....	40
Tabla 13. Frecuencias absolutas y relativas de cadmio en almendras de cacao, Esmeraldas, Ecuador.....	43
Tabla 14. Matriz de correlaciones entre características físicas del grano y atributos sensoriales.....	44
Tabla 15. Análisis Tukey del pH del Cacao CCN_51.....	63
Tabla 16. Análisis de varianza del pH del Cacao CCN_51.....	63
Tabla 17. Análisis Tukey del Acidez del Cacao CCN_51.....	63
Tabla 18. Análisis de varianza de la acidez del Cacao CCN_51.....	63
Tabla 19. Análisis Tukey de Bien fermentado del Cacao CCN_51.....	64
Tabla 20. Análisis de varianza de Bien fermentado del Cacao CCN_51.....	64

Tabla 21. Análisis Tukey de violeta del Cacao CCN_51.	64
Tabla 22. Análisis de varianza de violeta del Cacao CCN_51.	64
Tabla 23. Análisis Tukey de pizarroso del Cacao CCN_51.	65
Tabla 24. Análisis de varianza de pizarroso del Cacao CCN_51.	65
Tabla 25. Análisis Tukey de Cd ppm del Cacao CCN_51.	65
Tabla 26. Análisis de varianza del Cd ppm del Cacao CCN_51.	65
Tabla 27. Análisis Tukey del pH del Cacao Nacional.	66
Tabla 28. Análisis de varianza del pH del Cacao Nacional.	66
Tabla 29. Análisis Tukey del Acidez del Cacao Nacional.	66
Tabla 30. Análisis de varianza de la acidez del Cacao Nacional.	66
Tabla 31. Análisis Tukey de Bien fermentado del Cacao Nacional.	67
Tabla 32. Análisis de varianza de Bien fermentado del Cacao Nacional.	67
Tabla 33. Análisis Tukey de cacao violeta	67
Tabla 34. Análisis de varianza de violeta del Cacao Nacional.	67
Tabla 35. Análisis Tukey de pizarroso del Cacao Nacional.	68
Tabla 36. Análisis de varianza de pizarroso del Cacao Nacional.	68
Tabla 37. Análisis Tukey de Cd ppm del Cacao Nacional.	68
Tabla 38. Análisis de varianza del Cd ppm del Cacao Nacional.	68
Tabla 39. Análisis de prueba de corte del cacao CCN-51.	69
Tabla 40. Análisis de prueba de corte de Cacao Nacional.	70
Tabla 41. Análisis sensorial de cacao CCN-51.	71
Tabla 42. Análisis sensorial de Cacao Nacional.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación APROCANE, Esmeraldas-Ecuador.	21
Figura 2. Relación entre contenido de cadmio en las almendras de cacao y los granos violeta Esmeraldas, Ecuador	41
Figura 3. Relación entre contenido de cadmio en las almendras de cacao y los granos pizarra. Esmeraldas, Ecuador	42
Figura 4. Histograma de contenidos de cadmio en almendras de cacao, Esmeraldas-Ecuador.	43
Figura 5. Análisis sensorial del Cacao Nacional.	46
Figura 6. Análisis sensorial del Cacao CCN-51.	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Reporte de resultados de análisis técnico de cadmio en las almendras del laboratorio.....	60
Anexo 2. Análisis de varianza por test de Tukey del Cacao CCN_51.....	63
Anexo 3. Análisis de varianza por test de Tukey del Cacao Nacional.....	66
Anexo 4. Calificación de la prueba de corte de las muestras de cacao CCN-51.....	69
Anexo 5. Calificación de la prueba de corte de las muestras de cacao Nacional.....	70
Anexo 6. Calificación de análisis sensoriales de cacao CCN-51.....	71
Anexo 7. Calificación de análisis sensoriales del cacao Nacional.....	72
Anexo 8. Evidencias fotográficas.....	73

CÓDIGO DUBLIN

Título:	“Mitigación de la concentración del cadmio en la almendra de (cacao) <i>Theobroma cacao</i> L.”			
Autor:	<u>Castro Maruri, Angie Briggette</u>			
Palabras claves:	Pectintranseliminasa	enzima	fermentación	organoléptico
Fecha de publicación:	Diciembre 2021			
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2021			
Resumen:	Resumen .- La presente investigación se llevó a cabo en la asociación de productores de cacao APROCANE proveniente del cantón Eloy Alfaro de la provincia de Esmeraldas-Ecuador. El proyecto tuvo como objetivo evaluar el método para mitigar la concentración de cadmio en almendras de cacao en el proceso de fermentación rápida usando la enzima pectintranseliminasa y de esta forma minimizar el impacto generado. El estudio experimental fue completamente al azar, con once tratamientos y tres repeticiones. (...) Abstract .- This research was carried out in the association of cocoa producers APROCANE from the Eloy Alfaro canton in the province of Esmeraldas-Ecuador. The objective of the project was to evaluate the method to mitigate the concentration of cadmium in cocoa beans in the fast fermentation process using the enzyme pectintranseliminase and thus minimize the impact generated. The experimental study was completely randomized, with eleven treatments and three replicates. (...)			
Descripción:	91 hojas: dimensiones de 29 x 21 cm + CD-ROM6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

El cacao, *Theobroma cacao* L., es un árbol cuyo origen proviene de las regiones húmedas tropicales del norte de América del Sur y Centro América. Es un producto cotizado mundialmente debido a que, con sus semillas, se elabora chocolate y otros productos de interés comercial (1).

En Latinoamérica el cacao es cultivado en países como Ecuador, Perú, Brasil, México, El Salvador y Venezuela, la producción del período 2017-2018 en América es de alrededor de 748 mil toneladas lo que representa un 16,3 % de la producción mundial y aproximadamente 1.700 millones de dólares norteamericanos. No obstante, debido a las regulaciones implementadas el 1 de enero de 2019 por la Unión Europea sobre las concentraciones permitidas de cadmio (Cd) en el chocolate y productos derivados de cacao, las exportaciones al mercado europeo estarán seriamente afectadas (2).

Existe una creciente preocupación en el comercio internacional del cacao sobre los niveles tolerables de algunos metales pesados, especialmente los contenidos de cadmio entre los productos procesados, derivados del cacao que de alguna manera debe ser atendido como un punto importante de atención por parte de los productores de este rubro. Existe un conjunto de recomendaciones vinculadas para reducir la incidencia o la presencia de cadmio en los productos derivados del cacao, partiendo desde los granos o almendras y que afectan el resto de productos semiprocesados o procesados que dependen en gran medida de elementos propios de las condiciones ambientales; pero, también de un conjunto de prácticas asociadas que ayudan a reducir la incidencia de cadmio en los mismos (3).

El cacao en el Ecuador en la actualidad constituye el tercer rubro de importancia, después del banano y las flores, generando empleo a más de 100.000 familias de pequeños productores ecuatorianos y otras 20.000 familias en el resto de la cadena de valor, lo que equivale a una influencia directa sobre 600.000 personas. Sin embargo, las exportaciones del cacao fino de aroma de Ecuador, especialmente hacia los mercados europeos, se ve amenazado por indicios de contaminación de metales pesados como el cadmio (Cd) en las almendras de cacao exportable, en niveles superiores a los permitidos por Normativas alimentarias de la Comunidad Europea (4).

El presente proyecto de investigación tuvo como principal enfoque mitigar el contenido de cadmio en la almendra de cacao, del cantón Esmeraldas, provincia de Esmeraldas, la finalidad es la reducción de este metal pesado y cumplir con los estándares permitidos por los organismos de regulación internacional para la comercialización y consumo de este producto. Las altas concentraciones de cadmio en el medio ambiente están contaminando de manera nociva el suelo por el exceso de agroquímicos, siendo este un medio de contaminación directo en las plantaciones de alimentos para consumo humano.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema.

El cacao y sus derivados es una de las frutas más importantes de gran incidencia y consumismo en los diferentes tipos de poblaciones y culturas, aportando entre 293 calorías por cada 100 g y el chocolate siendo su principal derivado aporta entre 450 y 600 calorías (5). Actualmente se demuestra que existe concentraciones elevadas por metales pesados y plaguicidas, debido a la práctica irresponsable de una agricultura dependiente del excesivo uso de agroquímicos y la explotación constante del suelo para el agrícola, dentro de estos metales pesados se destaca el cadmio (Cd), el mismo que provoca una alta incidencia en el ser humano, tiende a acumularse en el cuerpo causando serias afectaciones en el sistema urinario y debilitando sistema óseo.

El aumento elevado del Cd incide en el componente químico del cacao, entre uno de más destacados es la quema de restos de hojarasca, este proceso es utilizado por los agricultores basándose en la creencia que ayuda a la fertilización de las plantaciones, a esto se suma el uso indiscriminado de agroquímicos que influyen radicalmente en el aumento de estos metales pesados, debido a una falta de educación ambiental. Cabe mencionar que existen agentes naturales tales como: actividades volcánicas, erosión y deposición de los sedimentos de los ríos que aportan en el excesivo aumento del Cd, provocando la mala productividad y la disminución del rendimiento del cacao. No obstante, es importante considerar que los altos niveles de Cd en las almendras del cacao para consumo humano pueden alterar los procesos bioquímicos y fisiológicos en el organismo, causando daños severos e irreparables en la salud.

1.1.1. Diagnóstico del problema.

La incidencia de agentes tanto externos como naturales origina una producción de cadmio elevada en la almendra de cacao, sin la aplicación de un proceso que regule esta problemática resulta en que la ingesta de sus derivados conlleva a una inminente intoxicación por metales pesados; en el caso del cadmio los síntomas pueden ser: náuseas, vómitos, cefalea, diarrea, en casos crónicos se registran daños en el sistema renal, afecciones, pulmonares y descalcificación del sistema óseos. La exposición prolongada de este Cd puede elevar las posibilidades en la aparición de cáncer pulmonar.

1.1.2. Pronostico del problema.

La sobre producción de cadmio en la almendra del cacao registra un aumento importante debido a que es poco o casi nulo el seguimiento y control que se realiza para corregir esta incidencia, los niveles seguirán en aumento llegando a puntos de toxicidad intolerables para el ser humano derivando en graves complicaciones tanto en la salud de los consumidores como en la economía de las empresas. De no implementar un método que regule y ayude a contrarrestar esta problemática en un futuro cercano alimentos como el chocolate y sus afines representaran un riesgo para sus consumidores; unido a ello este tipo de métodos requieren de amplios estudios basados en diferentes investigaciones y la combinación de ciertas técnicas sugeridas.

1.1.3. Formulación del problema.

¿Se están aplicando métodos para la mitigación de la contaminación de cadmio en almendras de cacao, en el proceso de fermentación rápida?

1.1.4. Sistematización del problema.

1. ¿Cuál es la dosis óptima de la enzima pectintranseliminasa en la fermentación rápida para mitigar la concentración de cadmio?
2. ¿Cuáles son las características físico químicas en la almendra de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa?
3. ¿Cuál es la calidad organoléptica en las almendras de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Evaluar el método para mitigar la concentración de cadmio en almendras de cacao en el proceso de fermentación rápida usando la enzima pectintranseliminasa.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar la dosis óptima de la enzima pectintranseliminasa en la fermentación rápida para mitigar la concentración de cadmio.
- Analizar la calidad físico- química en la almendra de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.
- Establecer la calidad organoléptica en las almendras de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.

1.3. Justificación.

El cacao es uno de los principales productos utilizados para la fabricación del chocolate y sus derivados para el consumo humano, determinando que su ingesta en ciertas ocasiones, sin un proceso de refinamiento genera intoxicaciones alimentarias. Sin embargo, uno de los problemas a la que está asociado con el cacao es la presencia de metales pesados y plaguicidas, en las cuales se destaca el cadmio (Cd), mismo que es muy habitual en los cultivos del cacao; así como, también se puede encontrar de forma natural. Los altos niveles de concentración del Cd pueden representar riesgos sanitarios que pueden acarrear graves consecuencias en la salud humana.

La presente investigación se llevó cabo con material proveniente de la provincia de Esmeraldas, y busca mitigar las concentraciones excesivas del Cd de las almendras de cacao, de esta forma se logra evitar las consecuencias graves y permanentes que puede ocasionar en la salud.

El estudio sobre la utilización de la enzima pectintranseliminasa en la fermentación en la almendra de cacao, es tomado en cuenta para esta investigación gracias a sus propiedades efectivas en la separación de los diferentes componentes existentes en la pared celular de las plantas. Es mediante este principio básico que se plantea la utilización de la misma con la finalidad de inducir a la separación de metales pesados; la combinación de esta enzima y otros componentes pueden fácilmente lograr por completo el proceso de licuefacción que es la degradación de la pared celular.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. El Cacao.

El (cacao) L. *cacao* es un árbol que mide entre 4 y 10 metros, originario principalmente de América del Sur donde se encuentra su mayor diversidad genética, sus semillas son utilizadas principalmente para la elaboración de chocolate (6).

2.1.1.1. Taxonomía.

Según Araujo L. (6) la taxonomía del cacao es como se define en la (tabla 1):

Tabla 1. *Taxonomía de (Theobroma cacao L.)*

Taxonomía de <i>Theobroma cacao</i>	
Clase	Angiospermae
Subclase	Dicotyledoneae
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Género	<i>Theobroma</i>
Especie	<i>Theobroma cacao</i>

FUENTE: Araujo L. (6)

2.1.2. Composición química del cacao.

La composición química de los granos de cacao depende de varios factores entre los que se puede citar: Tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y el secado y además el subsiguiente procesamiento de los granos. Los principales constituyentes químicos del cacao son: agua, grasa, compuestos fenólicos, materia nitrogenada (proteínas y purinas, incluyendo teobromina y cafeína, almidón y otros carbohidratos además de materia orgánica (7).

Tabla 2. *Composición química del cacao*

Componentes	Fermentado y seco (%)	Cascara (%)	Germen o radícula (%)
Agua	5,00	4,50	8,50
Grasa	54,00	1,50	3,50
Proteína	0,20		
Teobromina	1,20	1,40	
Polihidroxifenoles	6,00		
Proteína bruta	11,50	1,90	25,10
Mono Oligosacáridos	1,00	0,10	2,30
Almidón	6,00		
Pentosanos	1,50	7,00	
Celulosa	9,00	26,50	4,30
Ácidos Carboxílicos	1,50		
Otras sustancias	0,50		
Cenizas	2,60	8,00	6,30

FUENTE: Lara V. (7)

2.1.3. Fermentación.

La fermentación involucra dos fenómenos distintos no independientes, la fermentación microbiana que contribuye a la eliminación de la pulpa mucilaginosa presente en los granos y las reacciones bioquímicas internas en los cotiledones que conducen a la modificación de la composición química de los granos y en particular a la formación de los precursores del aroma (8). Los procesos de fermentación y secado también pueden disminuir las concentraciones de Cd+2 (9).

2.1.4. pH.

El pH es un atributo importante de calidad, debido a que puede indicar exceso de acidez en los granos fermentados, lo que reduce la calidad sensorial. Valores de pH entre 4.0 y 5.0

pueden reflejar una acidez excesiva, con granos cacao con bajo potencial de sabor y exceso de ácido láctico. Durante la fermentación, ocurre una disminución del pH, con valores de pH al final de la fermentación de 5.5, considerándose como ideales para los granos de cacao fermentados valores de pH entre 5.0 y 5.5. Mientras que el pH óptimo para cacao de calidad debe encontrarse entre 5.0 y 5.4, lo que indica que pH menores de 5.0 indican la presencia de ácidos volátiles indeseables para el desarrollo del aroma y sabor del cacao (10).

2.2. Metales pesados.

Es un elemento químico con alta densidad (mayor a 4 g/cm³), masa y peso atómico por encima de 20, y son tóxicos en concentraciones bajas. En general se considera, que los metales son perjudiciales, pero muchos resultan esenciales en nuestra dieta y en algunos casos, su deficiencia o exceso puede conducir a problemas de salud. Otros en cambio no cumplen una función fisiológica conocida, alteran la salud y es mejor evitarlos siempre (11).

Los metales pesados no pueden ser degradados (ni química, ni biológicamente) y, además, tienden a bioacumularse y a biomagnificarse (se acumulan en los organismos vivos alcanzando concentraciones mayores que la que alcanzan en los alimentos o medioambiente, y que estas concentraciones aumentan a medida que ascendemos en la cadena trófica), provocando efectos tóxicos de muy diverso carácter (12).

2.2.1. Metales pesados en suelos.

En los suelos se pueden encontrar diferentes metales, formando parte de los minerales propios; como son silicio (Si), aluminio (Al), hierro (Fe), calcio (Ca), sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg). También puede encontrarse manganeso (Mn), que generalmente se presenta en el suelo como óxido y/o hidróxido, formando concreciones junto con otros elementos metálicos. Algunos de estos metales son esenciales en la nutrición de las plantas, así son requeridos algunos de ellos como el Mn, imprescindible en el fotosistema y activación de algunas enzimas para el metabolismo vegetal (13).

2.2.2. Comportamiento ambiental de los metales pesados.

Según Pazmiño (14) los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir cuatro diferentes vías:

- Quedar retenidos en el suelo, ya sea disueltos en la solución o bien fijados por procesos de adsorción, complejación y precipitación.
- Pueden ser absorbidos por las plantas y así, incorporarse a las cadenas tróficas.
- Pasar a la atmósfera por volatilización.
- Movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas.

En el suelo los metales pesados pueden estar en seis comportamientos principales, asociados de forma diversas a los constituyentes del suelo.

- Dentro de las redes cristalinas de los minerales primarios (no alterados, heredados de la roca madre) y de constituyentes secundarios (minerales procedentes de la alteración edafogenética).
- Adsorbidos en las fases de hidróxido de hierro, aluminio y manganeso.
- Secuestrados o ligados a los restos vegetales y animales (que son liberado a medida que se van mineralizando estos residuos).
- Incluidos en las macromoléculas orgánicas.
- En forma intercambiable (ión) asociados a la superficie de las arcillas minerales y a la materia orgánica.
- En forma soluble, coloide o particulada, en la solución del suelo.

2.3. Cadmio.

El cadmio es un metal pesado considerado como uno de los elementos más tóxicos, (15). Se encuentran de manera natural en la corteza terrestre en forma de mineral y está asociado a graves problemas de salud humana (16). Su movilidad en el medio depende de varios factores tales como el pH, el potencial redox, la cantidad de materia orgánica y la presencia de arcillas y óxidos de hierro. El cadmio emitido al medio procede mayoritariamente de actividades industriales, minería, metalurgia, fabricación y aplicación de fertilizantes de fosfato y de la incineración de residuos urbanos. Aunque tiene numerosas industriales, su uso ha decrecido en las últimas décadas debido al peligro para la salud que supone (15).

Las concentraciones de cadmio también ocurren de forma natural en los suelos, pero los insumos de fuentes antropogénicas han aumentado el Cd del suelo contenidos en todo el mundo. La absorción de cadmio por el (cacao) *L. cacao*, ha atraído recientemente la atención, de La Unión Europea (UE) misma que decidió poner en vigor valores para las

concentraciones máximas de Cd en los productos del cacao que sería superado por productos actuales de diversas procedencias de América Latina (17).

2.3.1. Características del Cadmio.

El cadmio, de símbolo Cd, número atómico 48 y con estado de oxidación +2, es un metal pesado de color blanco, naturalmente encontrado en la corteza terrestre en forma de óxidos complejos, sulfuros y asociado a carbonatos de zinc, plomo y cobre y no tiene una función conocida en los seres humanos (18).

Su origen en suelos ocurre a partir de erupciones volcánicas, la meteorización de la roca madre o por actividades antropogénicas, como la minería, refinación de minerales metálicos, desechos industriales de galvanizado, fabricación de plásticos, pigmentos para pinturas, pilas, fertilizantes fosfatados, uso de roca fosfórica, generación de lodos de depuradora y formación de compost (18).

2.3.2. Propiedades físico-químicas.

El cadmio es un metal pesado, de color blanco plateado, brillante, dúctil, maleable y resistente a la corrosión. Pertenece al grupo (IIB) de la Tabla Periódica y su símbolo es Cd. En sus compuestos actúa normalmente con el grado de oxidación II. Presenta un peso atómico de 48, masa atómica de 112.41, densidad de 8.642 g/cm³, punto de fusión de 320.9 °C y punto de ebullición de 767 °C. El cadmio es insoluble en agua, pero fácilmente soluble en ácidos minerales. Se encuentra en forma natural en la corteza terrestre y combinado con otros elementos como el oxígeno (óxido de cadmio), el cloro (cloruro de cadmio) o el sulfuro (sulfato o sulfuro de cadmio). Estos compuestos son solubles en agua (12).

2.3.3. Fuentes de acumulación del cadmio.

2.3.3.1. Fuentes naturales del cadmio.

La contribución de los procesos naturales a la contaminación con cadmio del suelo es de tres a 10 veces menor que la de las fuentes antropogénicas. En los suelos naturales, no contaminados, la concentración de cadmio está influenciada en gran medida por la cantidad de cadmio en la roca madre y por las condiciones de meteorización locales; así como, por el transporte y deposición en los sedimentos y el agua por los ríos (19).

Los niveles de cadmio en los suelos de cultivo de cacao variaron significativamente a lo largo de diferentes sustratos geológicos en Honduras y fue el más alto en los suelos aluviales

originados de material sedimentario. Un patrón similar fue encontrado en Ecuador en un estudio de 159 granjas. Otras fuentes naturales de cadmio del suelo incluyen la actividad volcánica, incendios forestales, partículas de suelo arrastradas por el viento y polvo de roca (19).

2.3.3.2.Fuentes antropogénicas del cadmio.

Las actividades antropogénicas son responsables de la contaminación en el ambiente ocupacional, así como de la contaminación en general. Entre estas fuentes de contaminación tenemos a la minería (puede causar las concentraciones más altas de cadmio, ya que se encuentra incorporado en diversos minerales) y la industria (como materia prima de baterías y colorantes o como parte de subproductos del proceso como la obtención de zinc). Otra fuente importante de emisión de cadmio es la producción de fertilizantes fosfatados artificiales, en los que parte de este metal se acumulará en el suelo, y otra parte se verterá a las aguas superficiales, provocando contaminación de la vida acuática (12).

Según Luna & Rodríguez (12), el cadmio se dispersa a través de:

- El aire: adherido como óxido de cadmio en pequeñas partículas y viaja grandes distancias antes de regresar a la tierra como polvo, lluvia o nieve.
- El suelo: la aplicación de ciertos fertilizantes o excremento de animales en las tierras de cultivo.
- El agua: sólo pequeñas cantidades llegan procedentes de los derrames o fugas en sitios de desechos peligrosos, aguas residuales industriales y domésticas.

2.3.4. Cadmio en suelos.

Cuando el contenido de metales pesados en el suelo alcanza niveles que rebasan los límites máximos permitidos causan efectos inmediatos como inhibición del crecimiento normal y el desarrollo de las plantas, y un disturbio funcional en otros componentes del ambiente así como la disminución de las poblaciones microbianas del suelo, el término que se usa o se emplea es “polución de suelos” (20).

El tipo de suelo tiene importante influencia en la disponibilidad y absorción por la planta (21). Debido a la perturbación y la aceleración producto de la actividad humana, del lento ciclo geoquímico de los metales, la mayoría de los suelos de los entornos rurales y urbanos pueden acumular uno o más de los metales pesados por encima de los valores definidos

como suficientemente altos como para causar riesgos para la salud humana, las plantas, los animales, y el ecosistema (16).

Las fuentes de Cd para el suelo incluyen los fertilizantes, los desechos de la fabricación de cementos, la disposición de residuos sólidos y las aguas residuales industriales. En suelos contaminados existe alrededor de 1 mg/kg de Cd (1ppm) mientras que en los lugares contaminados se ha encontrado por arriba de 16 mg/kg de Cd. Algunos suelos pueden contener niveles de concentración de Cd superiores a 57 mg/kg, como resultados del depósito de lodos en suelos, y a 160 mg/kg en los alrededores de las industrias procesadoras de metales (22).

El contenido de Cd en los fertilizantes es muy variable y depende de su origen. Su aplicación, en consecuencia, significa un aumento del 1% en el nivel de Cd del suelo superficial en Estados Unidos, y a pesar de que la tasa de incremento es relativamente pequeña, se ha demostrado que la aplicación continua de fertilizantes causa un aumento notable del Cd en suelos, de donde se puede transportar a las plantas e incorporarse a la cadena trófica como ocurrió en Japón en el caso del “Itai- Itai” (22).

2.3.5. Cadmio en el cacao.

En el cacao, el Cd se acumula en las semillas (23). El valor tolerable en presencia de metales pesados varía entre pocos miligramos hasta solamente microgramos en el producto final comercial, estos rangos extremadamente bajos vuelven todavía más complicada la comercialización. El cadmio (Cd) es tal vez el metal pesado con más atención por su relación con una serie de trastornos incluidos el cáncer, y por su extremadamente bajo valor de toleración en productos derivados del cacao, investigaciones por parte de la Unión Europea establecieron un rango entre 0,2-0,5 mg/kg de este metal en productos de chocolate y cacao en polvo (7).

2.3.6. Exposición y Efectos del cadmio en la salud humana.

La vía de exposición al cadmio por el ser humano es principalmente por su ingesta directa en pequeñas porciones, la cual, en el caso de los granos de cacao, es transmitido por la absorción de la plantas del suelo contaminado (18).

El cadmio se acumula en el organismo humano, fundamentalmente en los riñones, y causa hipertensión arterial. La absorción pulmonar es mayor que la intestinal, por lo cual el riesgo

es mayor cuando el cadmio es aspirado. En humanos, la exposición prolongada se relaciona con la disfunción renal; también puede conducir a enfermedades pulmonares (se le ha relacionado con el cáncer de pulmón) y provocar osteoporosis en humanos y animales (24).

El ingreso medio diario, para humanos, se estima en 0,15 µg proveniente del aire y 1 µg del agua. Fumar unos 20 cigarrillos puede provocar la inhalación de unos 2 a 4 µg. Ha sido asociado con la aparición de cáncer en animales de experimentación y con casos de cáncer de próstata en humanos (24).

2.3.7. Toxicidad del cambio en las plantas.

Los efectos tóxicos del cadmio sobre las plantas han sido ampliamente estudiados, sin embargo, las plantas expuestas a alto niveles de Cd⁺² presentan disminución en la fotosíntesis, la absorción de agua y nutrientes lo que trae como consecuencia clorosis, reducción en las tasas de crecimiento conllevando esto paulatinamente a la muerte (25) (9). En general el Cd interfiere en la entrada, transporte y utilización de elementos esenciales (Ca, Mg, P y K) y del agua, provocando desequilibrios nutricionales e hídricos en la planta (25).

En suelos contaminados con cadmio, las plantas expuestas presentan modificaciones en la apertura estomática, fotosíntesis y la transpiración. El cadmio absorbido por las plantas causa señales de deficiencia de nutrientes, altera el metabolismo, en particular en las enzimas del ciclo de Krebs y la fotosíntesis, lo que se relaciona con la aparición de clorosis, necrosis y enrojecimiento de las venas, además altera la fisiología de la planta relacionada con la absorción de Fe, Zn, Mn, Cu, P, K, Ca, Mg y S (18).

2.3.8. Tecnologías para el tratamiento de suelos contaminados por cadmio.

La remediación de sitios contaminados con metales pesados puede realizarse a través de métodos físico-químicos y biológicos. Sin embargo, la efectividad de un método de remediación para un sitio contaminado con compuestos inorgánicos, depende del conocimiento de los factores hidrológicos y geológicos del sitio, de la solubilidad y especiación de los metales, de los procesos de atenuación e inmovilización y de la medida en que estos puedan migrar en el suelo (26).

2.3.9. Remediación de los suelos contaminados por Cadmio.

Es importante determinar el nivel de riesgo ambiental de los metales pesados sobre diversos representantes del ecosistema terrestre utilizando bioensayos eco-toxicológicos. La fito-remediación aplicada a suelos contaminados con elementos o compuestos inorgánicos, incluye básicamente, tres mecanismos; la fito-extracción, fito-acumulación, fitoestabilización y fito-volatilización (26).

2.3.10. Fitorrestauración.

La fitorrestauración es el uso de vegetación para el tratamiento *in situ* de compuestos orgánicos, nutrientes y contaminantes metálicos de suelos contaminados, sedimentos y agua y a su mejor aplicación es en lugares con contaminación poco profunda (menos de 3 m, en función de la profundidad de la raíz) (22).

2.3.11. Fitoextracción.

La fitoextracción es una tecnología que se fundamenta en el uso de plantas acumuladoras de elementos tóxicos o compuestos orgánicos para retirarlos del suelo mediante su absorción y concentración en las partes cosechables. Se estructura a partir del uso de procesos fisiológicos que permiten actuar a la planta como un succionador que a través de la fotosíntesis puede extraer los metales del suelo por medio de las raíces para luego almacenarlas en sus tejidos aéreos. Dentro de las plantas con mayor potencial para este tipo de prácticas encontramos las especies metalofitas, especies que soportan altos niveles de metales y sobreviven en forma endémica en los mismos (27).

2.3.12. Enzima.

2.3.12.1. Pectinliasas o pectintranseliminadas.

Estas son liasas producidas por algunos hongos patógenos de los vegetales y presentan la características de hidrolizar los enlaces oxídicos en puntos específicos de las unidades de ácido galacturónico, originando con esto dobles ligaduras entre los carbonos cuatro y cinco en unidades adyacentes a lo largo de la cadena de pectina, teniendo mayor afinidad sobre las de alto metoxilo (28).

2.4. Marco referencial.

Según Lanza J, Churión P, Liendo N & López V. (1), en la investigación realizaron muestreos en dos clases de cacao con la finalidad de determinar la carga de metales pesados entre ellos el cadmio en las almendras de esta fruta de la región de e Santa Bárbara del Zulia en Venezuela evidenciando niveles muy por encima de los límites permitidos por la a Comunidad Europea, según los reglamentos CE 1881/2006 y CE 488/2014 (UE 2006, 2014 s). Se realizó la aplicación de un protocolo de observación en el proceso de fermentación oficial AOAC: 999.11 (AOAC2005) donde se emplearon diferentes recetas calibradas para cada metal entre ellos el cadmio los resultados fueron concentraciones que se ubicaron entre 1,74 y 2,09 mg.kg-1 para el cacao híbrido (HF y HNF). En el caso del cacao porcelana, se encontraron valores entre 1,82 mg.kg-1 (PF) y 1,90 mg.kg-1 (PNF). Los niveles de cadmio encontrados en las hojas indican una relación entre los niveles de concentración en el suelo, tipos de suelo, entre otros.

Araujo L. (6), en su investigación afirma que existen diferentes tipos y clases de métodos para el análisis de cuantificación de los metales pesados en las almendras de cacao uno de ellos es la verificación del método analítico de espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito el objetivo de esta investigación fue determinar el nivel de efectividad con el que este método permite calcular el nivel de cadmio existente para llevar a cabo este proceso se tomaron muestras de la zona cacaotera de Manabí Flavio Alfaro se tomaron muestras de cuatro diferentes fincas del sector se usó como referencia cuatro lineamientos entre ellos: linealidad, precisión, veracidad e incertidumbre según las regulaciones. Básicamente este método consiste en la observación espectrometral de las muestras tomadas determinada por la longitud de una onda de radiación que es absorbida por los átomos. La muestra es atomizada a través del fuego para lo cual es necesario la utilización de un horno de grafito luego de esto se aplicará la Ley de Beer la cual mide la intensidad de la luz monocromática, sobre una muestra, la cual disminuye según la cantidad de cadmio existen en la muestra.

Según Lara V. (7), su investigación se enfoca en identificar los niveles de cadmio existentes en las almendras de cacao en el proceso de secado para lo cual existen diferentes métodos. Se realizó un muestreo de cacao del tipo Nacional en la provincia de Santo Domingo específicamente en el cantón Luz de América se evaluaron dos procesos de secado uno de

ellos a través de estufa que consiste en el secado del cacao a través de un horno de cerámica y una fuente de calor también se utilizó el método por asfalto este consiste en esparcir las almendras de cacao en una superficie plana normalmente de asfalto cemento y exponerlas al sol constantemente dándoles la vuelta ocasionalmente. Las muestras tomadas se evaluaron a nivel de laboratorio para constatar los niveles de Cd. En el caso de secado con la estufa se encontraron niveles máximos de 0,41mg/kg y en el secado por asfalto niveles mínimos de 0,31mg/kg. Con este resultado se determinó que te acabo de esta zona puede ser utilizado para cualquier derivado ya que el máximo permitido por los agentes reguladores es 0,60mg/kg.

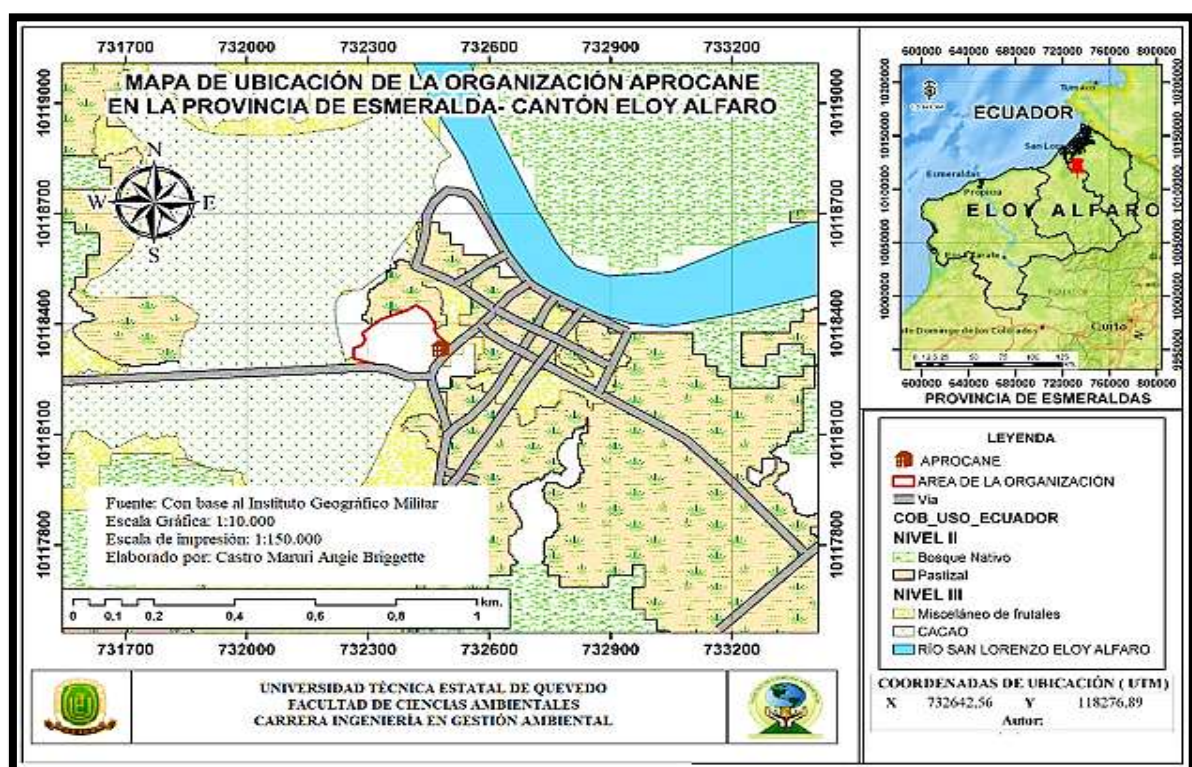
De acuerdo con Diaz L, Mendoza E, Bravo M & Domínguez N. (29), en su investigación se han realizado estudios a fincas de clase orgánica donde se utilizan fertilizantes y agroquímicos a base de compuestos naturales y amigables con el medio ambiente pese a esto según estudios recientes realizados en el cantón Vinges a 25 fincas pertenecientes a la asociación de productores de cacao orgánico de este cantón determinaron la existencia de niveles considerables de metales pesados entre uno de ellos. El cadmio según las muestras tomadas de almendras de cacao en esta en estas fincas pese a no emplear químicos y fertilizantes de fabricación industrial se determinó que el origen de estos metales pesados es producido por agentes externos naturales; cabe recalcar que los niveles de cadmio encontrados en estas muestras son niveles no tan elevados en comparación a muestras tomadas en fincas donde se realiza una agricultura en base a químicos y fertilizantes de fábrica industrial.

CAPÍTULO III
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

El presente estudio se desarrolló en el cantón Esmeraldas-Eloy Alfaro, provincia de Esmeraldas- Ecuador, las muestras fueron adquiridas en la organización de productores APROCANE (Asociación de productores de cacao del norte de Esmeraldas) con coordenadas de ubicación UTM de X:732642,56 - Y:118276,86. El análisis químico se realizó en el laboratorio de suelos y nutrición vegetal de la ESPOL, de la misma forma en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus La María.

Figura 1. Mapa de ubicación APROCANE, Esmeraldas-Ecuador.



ELABORADO: AUTORA

3.1.1. Condiciones ambientales.

3.1.1.1. Factores Climáticos.

El extremo norte de la provincia de Esmeraldas presenta un clima tropical muy húmedo; desde la boca del río Santiago hacia el sur, también presenta clima tropical con menos humedad por la presencia de la brisa marina; en las estribaciones desde el pie de la cordillera

hacia el este, las montañas son húmedas y su clima va temperándose con el aumento de altitud hasta el subtropical subandino (30).

3.1.1.2.Temperatura.

Existen dos climas definidos: tropical monzón con una temperatura promedio de 21° C y tropical húmedo en las cuencas centrales y costa externa septentrional cuya temperatura promedio es de 25 °C, y para el año 2013 teniendo registros de una temperatura anual media de 28.0 °C (30).

3.1.1.3.Precipitación.

La provincia de Esmeraldas se caracteriza por presentar un alto nivel de humedad, la pluviosidad oscila entre los 500 mm – 700 mm anuales en época seca y varia en la época lluviosa entre los 2000 mm a 7000 mm anuales. El nivel de precipitación se mantiene a lo largo de todo el año con una marcada estación seca entre los meses de Julio y Noviembre (30).

3.1.1.4.Suelo.

Son suelos rojos por su contenido oxido, de clima subtropical húmedo o templado, ofrecen una gran fertilidad cuando no han sido explotados. Son muy susceptibles a la erosión hídrica si no están bien manejado (30).

3.2. Tipo de investigación.

La investigación de este proyecto es de tipo diagnóstico y exploratoria.

3.2.1. Diagnostico.

Conforme al estudio que consistió en el análisis de los parámetros físicos químicos de la almendra de cacao y su calidad física y sensorial, para identificar la calidad del producto. Para la obtención de dicha información se realizó un análisis de contenido de cadmio, pH y acidez con 11 tratamientos y tres repeticiones por genotipo (Cacao Nacional y cacao CCN-51); obteniendo así los resultados esperados, para ser comparados con los estándares de calidad de dicho producto.

3.2.2. Exploratoria.

3.2.2.1.Documental.

En esta investigación se tomó como referencia información pertinente y relevante proveniente de textos bibliográficos como: revistas científicas, artículos científicos, tesis de grado, libros, sitios web.

3.3. Métodos de investigación.

La presente investigación utilizó el método experimental.

3.3.1. Método experimental.

Se realizó un estudio a nivel científico del contenido y composición química en las almendras de cacao con la finalidad de obtener un análisis real y exacto de los niveles de Cadmio que existe actualmente en el cacao, mediante esto se pudo determinar si está dentro de los estándares que rigen los organismos internacionales para el control de este fruto.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

La información se obtuvo de manera primaria y secundaria

Primarias

- Observación directa de la calidad de la muestra

Secundarias

- Revistas científicas
- Libros y páginas de internet
- Artículos científicos
- Tesis

3.5. Diseño de la investigación.

Esta investigación estuvo enfocada en el estudio y la experimentación aplicando procesos de observación y análisis físicos químicos que se llevaron a cabo con las muestras de cacao obtenidas de la organización APROCANE proveniente del cantón Eloy Alfaro de la provincia de Esmeraldas. El diseño experimental fue completamente al azar (DCA) con once tratamientos y tres repeticiones para lo cual se utilizó 15 mazorcas sanas, en su punto de madurez de campo. La muestra de cacao en seco correspondió a la cantidad de producto enzimático utilizado para mitigar las concentraciones de cadmio.

3.5.1. Determinar la dosis óptima de la enzima pectintranseliminasa en la fermentación rápida para mitigar la concentración de cadmio.

En presente estudio estuvo conformado por 15 mazorcas sanas, en su punto óptimo de madurez de campo. La muestra de cacao seco correspondió a la cantidad y peso que se derive del proceso de poscosecha. Se probó tres factores de las mismas que se prevé 66 unidades experimentales (dos genotipos por tres repeticiones por 11 tratamientos).

3.5.1.1.Genotipos:

- CCN-51
- Nacional

3.5.1.2.Poscosecha:

Tabla 3. Factores de estudio en Poscosecha del cacao

Factores en estudio				Niveles		
				1	2	3
A.	Dosis	del	producto	0,10	0,20	0,30
	enzimático (mL.kg ⁻¹ de cacao en baba)					
B.	Lavado del cacao fermentado			Sin lavado	Lavado incompleto	Lavado completo
C.	Reposo en tanque (presecado)			Sin reposo	24 horas	48 horas
D.	Tipos de secado del cacao			En tendal de cemento	En marquesina	En entablillado

ELABORADO: AUTORA

Por medio de la (tabla 4), en términos de remociones de cadmio, se muestra el diseño, la cual se deriva de 11 tratamientos con tres repeticiones de dos genotipos de cacao (Nacional – CCN-51), la distribución de la dosis optima de la enzima pectintranseliminasa, fueron estipulados según el peso de la muestra en kg, y en base al lavado, lavado incompleto, sin lavado, presecado y fermentación, se puede afirmar que para cada tratamiento existe un dosis óptima, la misma que se muestra en la descripción.

Tabla 4. *Distribución de dosis optima de enzima Pectintranseliminasa.*

Tratamientos	A	B	C	Código	Descripción
1	1	1	1	A1B1C1	Dosis 0,10 mL/kg de cacao en baba, sin lavado, sin reposo en pre-secado y secado en tendal
2	1	2	2	A1B2C2	Dosis 0,10 mL/kg de cacao en baba, con lavado incompleto, reposo en pre-secado por 24 horas y secado en zaranda en marquesina
3	1	3	3	A1B3C3	Dosis 0,10 mL/kg de cacao en baba, con lavado completo, reposo en pre-secado por 48 horas y secado en sarán
4	2	1	2	A2B1C2	Con producto enzimático en dosis de 0,20 mL/kg de cacao en baba, sin lavado, con reposo en pre-secado por 24 horas y secado en sarán
5	2	2	3	A2B2C3	Con producto enzimático en dosis de 0,20 mL/kg de cacao en baba, con lavado incompleto, con reposo en pre-secado por 48 horas y secado en tendal
6	2	3	1	A2B3C1	Con producto enzimático en dosis de 0,20 mL/kg de cacao en baba, con lavado completo, sin reposo en pre-secado y secado en zaranda
7	3	1	3	A3B1C3	Con producto enzimático en dosis de 0.30 mL/kg de cacao en baba, sin lavado, con reposo de 48 horas en pre-secado y secado en zaranda
8	3	2	1	A3B2C1	Con producto enzimático en dosis de 0.30 mL/kg de cacao en baba, con lavado incompleto, sin reposo en pre-secado y secado en sarán
9	3	3	2	A3B3C2	Con producto enzimático en dosis de 0.30 mL/kg de cacao en baba, con lavado completo, con reposo en pre-secado por 24 horas y secado en tendal
10	ReMe		Remoción mecánica del mucílago y fermentación y secado, según proceso local		
11	TLP		Testigo. Proceso local		

ELABORADO: AUTORA

3.5.2. Analizar la calidad físico- química en la almendra de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.

3.5.2.1. Proceso experimental.

El procedimiento estuvo distribuido en las siguientes etapas: Obtención de las muestras, aplicación de la enzima pectintranseliminasa, presecado de la muestra, lavado de la muestra, fermentación de la muestra, secado de las almendras de cacao y registro de las variables cada etapa se describe en la (Tabla 5).

Tabla 5. *Procedimiento experimental*

Cosecha	Mazorcas en su estado maduro
Producto	Enzima pentitranseliminasa
Presecado	Luego de extraer el cacao en baba de las mazorcas maduras, se expone al sol, por un par de horas
Lavado	Se lava el cacao antes de la fermentación
Fermentacion	Se lo realiza durante cinco dias con tres remociones diarias
Secado	En zaranda metalica, en sarán, tendal, hasta que la almendra alcance el 7% de humedad.
Registro de variables	Contenido de Cadmio
	Análisis físicos y químicos
	Calidad organoleptica

FUENTE: Cedeño W. (13)

3.5.2.2. Análisis de concentraciones de cadmio.

El análisis se realizó en el laboratorio de suelos y nutrición vegetal de la ESPOL, mediante Espectroscopía de Emisión óptica con Plasma de Acoplamiento Inductivo (ICP-OES), la cual se basa en un plasma altamente energético y eléctricamente neutro, mismas que ayudan

a determinar la composición elemental de una muestra examinando si espectro electromagnético o si espectro de masas (31).

3.5.2.3.Determinación de pH.

El pH se determinó con el procedimiento descrito en la norma AOAC (2005) 970.21. Se sometió la muestra a la trituración en una licuadora Oster., (9) se mezcló una muestra de 10 g de cacao triturados con 90 ml de agua hirviendo se agitará 10 minutos y se filtró. Se determinó el pH con un pH-metro OHAUS-Starter 3100 (33).

3.5.2.4.Acidez titulable.

Se medio acidez titulable se realizará con referencia a la norma AOAC (2005) 942.15. Una vez que se ha realizado el proceso descrito en el acápite anterior, se utilizó 5 g de muestra con 10 ml de etanol y 90 ml de agua hervida, se agitó durante 10 minutos y se agregó 3 gotas de fenoltaleína. Se procedió a titular el filtrado con NaOH 0,1 N con agitación constante. La acidez se determinó con la ecuación (33).

$$AT = \frac{(Vg * N)}{m} * 100\%$$

Donde:

AT = acidez titulable (meq/100)

V = volumen gastado de NaOH (ml)

N = Normalidad de la solución de NaOH

m = Peso de la muestra

3.5.2.5.Análisis físico.

3.5.2.5.1. Prueba de corte.

La IOCCC (International Office of Cocoa Chocolate and sugar Confectionery) recomienda realizar esta prueba , donde el analista realiza un corte transversal al grano dejando ver el cotiledón (34). Esta prueba se hace para observar el interior del grano, determinar el grado de fermentación del lote e identificar defectos como moho interno e infestación de insectos, entre otros (35)

A mayor porcentaje de granos fermentados y, menor de granos violetas, pizarrosos y sobre fermentados, el sabor del cacao será de mayor calidad y agradable que se expresa como menos ácido, menos astringente y amargo o libre de sabor indeseable. Los granos se examinan a plena luz diurna o de una lámpara con iluminación equivalente y se cuentan separadamente cada tipo de grano de acuerdo con la clasificación, descrita en la (tabla 6).

Tabla 6. *Clasificación y características del grano*

Clasificación	Características
Bien fermentado	Coloración marrón o marrón oscuro. Apariencia hinchada, no compacto. Estrías profundas, grietas o cavidades. Testa o cascarilla suelta.
Ligeramente violeta	Coloración marrón violeta indicativo de fermentación parcial.
Violeta	No fermentado. Totalmente violeta. No hinchados, compactos. Fuerte sabor amargo y sensación de astringencia. Ausencia de aroma
Sobre fermentado	Coloración marrón oscuro. Sabor indeseable. Defecto serio
Mohoso	Moho visible a simple vista (diversos colores). Sabor indeseable. Causa: geminación, daño mecánico o por insectos almacenado con alta humedad y secado deficiente.
Pizarroso	Ningún efecto de fermentación. Color pizarra (gris). Compacto, sin agrietamiento. Defecto serio.
Daño por insectos y roedores	Perforaciones o picados por insectos o roedores.

FUENTE: Cedeño W. (13)

3.5.3. Establecer la calidad organoléptica en las almendras de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.

3.5.3.1. Evaluación de calidad sensorial.

En la evaluación organoléptica (también denominada evaluación sensorial o cata) se usa el sentido del gusto y olfato para conocer atributos de sabor y aroma como la intensidad de sabor a cacao-chocolate, acidez, amargor y aromas desagradables del cacao, por ser estos requisitos del mercado actual (35).

Para establecer los análisis de calidad se tomó una pequeña cantidad de licor de cacao con la ayuda de una paleta de madera, la misma que fue colocada uniformemente sobre la lengua, la degustación se ejecutó de forma individual y antes de continuar con la siguiente muestra se esperó un par de minutos para que se pierda los sabores de la muestra anterior, para la valoración del sabor se utilizó el método de prueba de escala de categorías, escala C (Norma Técnica Colombiana – NTC 3929, 2009) (36).

Tabla 7. Sabores básicos de la pasta de cacao

Tributo	Descripción
Acidez	Percibido a los lados y en el centro de la lengua, se lo puede relacionar con las frutas cítricas y vinagre.
Astringencia	Es una sensación fuerte de sequedad en la boca; se detecta en toda la boca, lengua, garganta y hasta en los dientes.
Amargor	Se detecta en la parte posterior de la lengua y la garganta, su sabor es fuerte, característico del café.
Dulce	Se percibe en la punta de la lengua, parecido al agua azucarada

FUENTE: Vallejo C, Loayza G, Morales W & Vera J (36)

3.5.3.2. Análisis de estadísticos.

3.5.3.2.1. Estadística descriptiva.

Para observar las diferencias entre medias se utilizó el análisis de varianza del factor ANOVA y Tukey la cual identificara los efectos de los 2 genotipos con sus 11 tratamientos. Se aplicó la estadística descriptiva para observar de manera resumida las características de las variables y las medidas de tendencias centrales y las medidas de dispersión.

3.5.3.2.2. Análisis de correlación.

Se utilizó el análisis por correlación de Pearson entre las variables físicas y químicas de los granos de cacao, con la finalidad de identificar asociaciones estadísticas mutuas entre variables de rendimiento y a su vez el estudio de relaciones lineales (r) existentes entre dos o más variables cuantitativas y de esta forma explicar el comportamiento biológico (37).

3.5.3.2.3. Análisis multivariado.

Para determinar las variables cuantitativas se aplicó estadística simple (media, desviación estándar y coeficiente de variación) (38), y se aplicó la técnica de análisis multivariado, asociando las variables organolépticas (sabores básicos, específicos y adquiridos) (39).

3.5.3.2.4. Análisis de varianza y separación de medias (ANOVA).

En el análisis de varianza se utilizó para identificar los efectos de los 2 genotipos y 11 tratamientos de poscosecha, combinados en arreglo ortogonal, en un diseño totalmente al Azar con 3 repeticiones, según el esquema del ADEVA. Los efectos parciales de los factores se identificaron mediante los contrastes ortogonales.

3.6. Tratamiento de los datos.

El análisis estadístico de los datos se realizó con apoyo del Software SPSS v 22 e INFOSTAT e incluyó, usando las distintas técnicas paramétricas y no paramétricas, básicamente en los aspectos:

- Estadística descriptiva
- Estadística multivariada
- Análisis de varianza
- Análisis correlacional

3.7. Recursos humanos y materiales.

3.7.1. Recursos humanos.

Ing. Wiston Morales, Ing. Mercedes Carranza, Ing. Erick García

3.7.2. Materiales.

Tabla 8. *Materiales utilizados en el proceso*

OFICINA	INSUMOS	EQUIPOS	REACTIVOS	MUESTRA
Laptop	Recipientes plásticos	Vaso de precipitación	de Etanol	Cacao
Impresora	Zaranda metálica	Varilla de vidrio	Fenolftaleína	
Libreta de apuntes	Sarán	Calentador	NaOH 0,1 N	
Internet	Tendal	Agitador	Agua destilada	
Lapiceros	Navegador (GPS)	Agua destilada		
Calculadora	Producto enzimático	Termómetro		
	Fundas Ziplop	Bureta		
		Soporte universal		
		Pinzas		
		pH metro		
		Matraz		
		Erlenmeyer		
		Coladora plástica		
		Probeta		
		Guantes		
		Balanza analítica		
		Placa calentadora		

ELABORADO: AUTORA

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Determinar la dosis óptima de la enzima pectintranseliminasa en la fermentación rápida para mitigar la concentración de cadmio.

De los valores obtenidos para la variable de la testa la cual se muestra en la tabla 12 se observó el rango más bajo y el más apropiado estadísticamente del genotipo Cacao Nacional (después del testigo) fue el tratamiento T6 mismo que se evidencia con un 0.96 %, se destaca que este tratamiento se le aplicó una dosis de producto enzimático de 0,20 ml/Kg de cacao en baba que actuó durante la fermentación, la cual tuvo un lavado completo con reposo en pre-secado por 48 horas y secado en sarán, mismo que demostró beneficio inmediato en la reducción del Cd en la almendra en valores que se encuentran dentro de los estándares permitidos que rigen los organismos internacionales para el control de este fruto. Sin embargo, cabe resaltar que el tratamiento T11 (testigo) demostró menor contenido en la testa, esto se debe que sus tratamientos y/o procesos son de dudosa procedencia.

En cuanto al genotipo (Cacao CCN-51) se observó que el valor más bajo (después del testigo) fue el tratamiento T9 con un valor de 1,51%, mismo que recibió una dosis de producto enzimático de 0,30mL/kg de cacao en baba, con lavado completo, reposo en presecado por 24 horas y un secado en tendal. Cabe destacar que el valor de dicho tratamiento se encuentra estadísticamente significativo a los estándares permitidos (1ppm), esto puede deberse a factores bióticos y abióticos que infieren en la calidad del suelo y del sembrío. Al contrario del tratamiento testigo quien mostró niveles aún más bajos dado a que al igual que el Cacao Nacional su tratamiento y/o procesos son desconocidos.

4.2. Analizar la calidad físico- química en la almendra de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.

4.2.1. Análisis de las características físicas de almendras de Cacao Nacional.

El análisis de la tabla 9, expresa que el tratamiento T3 fue el valor más alto y el que demostró una diferencia estadística en Bien fermentado, con los demás tratamientos con un 67.33% la cual demuestra la acción fúngica de la enzima PTE (Pectintranseliminasa), adicional a ello, se puede observar que el valor más bajo en Violeta es el tratamiento T5 con un valor de 4.67% la cual demuestra su efectividad en el proceso de fermentación rápida, al igual que

los granos pizarrosos; el tratamiento T7, se observa que existe un nivel estadísticamente bajo de 4.67 %.

De la misma forma se puede denotar que el tratamiento T3 también muestra valores óptimos de calidad en violeta y pizarroso 10.33, 8.33 % respectivamente, según la norma INEM 176, a diferencia de T5 en bien fermentado con valor de 49% la cual muestra un rango bajo en calidad de fermentación del cacao, al contrario de pizarroso con un 7% demostrando aún un valor óptimo. El tratamiento T7 a pesar que demostró un bajo nivel en violeta, cabe destacar que bien fermentado presenta niveles medios en fermentación con 36.33%, y un valor estadístico promedio en violeta de 22%.

El tratamiento con valores estadísticos bajos en fermentación fue el testigo T11 con un porcentaje de 3% mismo de las cuales se desconoce sus procesos y tratamientos, pero cabe resaltar que el mismo tratamiento antes mencionado demostró un nivel que sobrepasa la calidad del cacao en violeta con un 54.33% pero, un nivel óptimo de 10.33% en pizarroso.

El tratamiento T1 con un valor de 55% aún demuestra que están dentro de los rangos de fermentación y conserva su diferencia con violeta y pizarroso con valores óptimos de fermentación demostrando estar dentro del rango establecido. Los tratamientos sometidos con diversas dosis optimas de la enzima (PTE) como el T2 donde se observa que tuvo el valor más alto en pizarroso con un valor de 25,67% y T4, T6, T9, T8 y T10 que, aunque recibieron un lapso de tiempo determinado en su fermentación, los resultados no fueron tan favorables tanto en bien fermentado como en violeta y pizarroso.

Según Mora P. en la provincia de Los Ríos tiene datos semejantes, según el test de Tukey obtuvo un valor numérico de 4,26 en grano pizarrosos con un fermentación de 4 días y secado en secadora, a diferencia de este estudio el tratamiento T7 la cual recibió un reposo de 48 horas en pre-secado y secado en zaranda la cual también tuvo un porcentaje similar de 4,67% la cual nos indica la eficiencia tanto del secado en zaranda como el secado en secador (40).

Tabla 9. Análisis físico en almendras de Cacao Nacional

CACAO NACIONAL		% fermentación		
Fuente variación	n	BIEN FERMENTADO	VIOLETA	PIZARROSO
T1	3	55 e	9 ab	7 a
T2	3	33,33 c	22 cd	25,67 e
T3	3	67,33 f	10,33 abc	8,33 ab
T4	3	37 c	17,67 bcd	13 abc
T5	3	49 de	4,67 a	7 a
T6	3	4,33 a	24,67 d	21,67 de
T7	3	36,33 c	22 cd	4,67 a
T8	3	20,67 b	22 cd	19 cde
T9	3	40,67 cd	11,67 abc	16,67 bcd
T10	3	15,67 b	25 d	16,67 bcd
T11	3	3 a	54,33 e	10,33 ab
p-valor		**0,0001	**0,0001	**0,0001
C.V. %		9,11	21,47	27,72

ELABORADO: AUTORA

4.2.2. Análisis de las características físicas de almendras de cacao CCN-51.

Según los resultados de la tabla 10, el tratamiento T5 muestra una diferencia estadística al $p \leq 0.05$, en efecto, esté el valor más alto a diferencia de los demás tratamientos con un valor de 76%, en cuanto el valor más bajo es el tratamiento T3 y T4 con un porcentaje de 2,67% pero, a diferencia del T3, el T4 mantiene su diferencia estadística tanto en pizarroso y violeta con el mismo valor antes mencionado. Cabe destacar el tratamiento T5 mantiene rangos permisibles tanto en violeta como en pizarroso con niveles también bajos así mismo con T4 que mantiene su calidad de fermentación en bien fermentado.

Los valores más bajos en la calidad de fermentación del cacao fue del testigo T11 en bien fermentado, mismo que demostró un 5% en sus resultados, al igual que el valor más alto

violeta y pizarroso, esto demuestra que sus procesos y/o tratamientos son de dudosa procedencia.

Los tratamientos T1, T3, T4, T6, T7, T8 y T9 a pesar de ser sometidos a la dosis óptima estipulada, los niveles de fermentación no son los adecuados en bien fermentado, pero conservan valores bajos permisibles en violeta y pizarroso. Cabe destacar que el tratamiento T2 si posee un valor aun dentro del rango de fermentación con un 61.33%, al igual que violeta y pizarroso. Los resultados del tratamiento 10 en remoción de mucílago y secado en proceso local no mostró valores de fermentación óptimos, pero si presento valores bajos en Violeta y pizarroso.

Tabla 10. *Análisis físico en almendras de Cacao CCN-51.*

CACAO CCN-51		% fermentación		
Fuente variación	n	BIEN FERMENTADO	VIOLETA	PIZARROSO
T1	3	13,67 a	14,67 cd	9 ab
T2	3	61,33 e	7 ab	8,67 ab
T3	3	48,33 d	2,67 a	9,67 ab
T4	3	52 de	2,67 a	2,67 a
T5	3	76 f	5 a	3 a
T6	3	8,67 a	19 d	6,33 ab
T7	3	43 cd	7,33 ab	12,67 b
T8	3	51,33 de	4,67 a	8,67 ab
T9	3	32,33 b	12,67 bcd	9 ab
T10	3	36 bc	8 abc	8 ab
T11	3	5 a	35,33 e	28 c
p-valor		**0,0001	**0,0001	**0,0001
C.V. %		9,11	21,47	27,72

ELABORADO: AUTORA

Según las Normativas de Regulación de exportación de granos de cacao INEM 176 la cual indica que el porcentaje mínimo de fermentación en las almendras de cacao debe ser de 53%, para las almendras violetas un máximo de 24% y para las pizarras un máximo de 18 %. Cabe destacar que los tratamientos en esta investigación la mayoría no sobrepasa lo determinado por la norma (13).

En los resultados obtenidos por Zambrano G. realizada en la Hacienda Palmira Nanegal, se muestra el porcentaje de fermentación total del tratamiento con su límite mínimo de 77% estipulado en la NTE ISO 1114 y se observa que el 40% de los datos están por debajo del límite mínimo, el 50% de los datos están muy cerca del límite mínimo establecido; los granos violetas con un promedio de 22.5 que por su fuerte amargor y astringencia entran en el grupo de rechazo junto con los granos pizarrosos 0.3, se mantiene la evidencia de diferencia estadística con un t calculada (41).

4.2.3. Análisis de características químicas del cacao.

4.2.3.1. Parámetros de análisis químicos del cacao.

Según Amorim G, Araujo R, Valle R, Sodre A. & Moreira S, el pH óptimo para cacao de calidad debe encontrarse entre 5.0 y 5.4, por lo que pH menores de 5.0 indican la presencia de ácidos volátiles indeseables para el desarrollo del aroma y sabor del cacao (10).

En la tabla 11 de la variable Cacao Nacional demuestra que el tratamiento 10 fue el que tuvo los valores más óptimos a pesar de haber recibido el producto enzimático, pero cabe destacar que los tratamientos T9 y T7 varían significativamente los resultados, a diferencia de los tratamientos T1, T2, T3, T4, T6, T8 los cuales muestran una sobrefermentación.

En el Cacao CCN-51, se puede denotar que el tratamiento más efectivo al igual que el Cacao Nacional fue el tratamiento T10 y varían los resultados con los tratamientos T7, T8, T9, T10 a diferencia de los tratamientos T1, T2, T3, T4 quienes muestran una sobrefermentación; al contrario del tratamiento T5 quien mostro niveles de acidez volátiles dañinos para el ser humano. Sin embargo, el tratamiento T11 de ambos genotipos mostró niveles que varían con el grado de fermentación, pero se desconoce su proceso de fermentación.

Según Álvarez C, Tovar L, García H, Morillo F, Sánchez P, Girón C, muestra que dichos valores de acidez fueron estadísticamente diferentes en los granos fermentados en los dos sistemas, produciéndose una elevación de este parámetro en la FR3 con un pH intermedio

(5,20- 5,49) según el rango causado posiblemente por una deficiencia en el secado de los granos de cacao y una acumulación del contenido de agua en los cotiledones (42).

Tabla 11. Resultados de parámetros químicos en las muestras.

TRATAMIENTOS	N	CACAO NACIONAL		CACAO CCN-51	
		PH	ACIDEZ	PH	ACIDEZ
1	3	6,15 cd	0,06 b	6,42 e	0,03 a
2	3	6,67 f	0,04 ab	6,87 f	0,03 ab
3	3	6,60 f	0,04 a	6,86 f	0,03 ab
4	3	6,34 e	0,03 a	5,92d	0,03 ab
5	3	6,31 de	0,04 ab	4,75 a	0,03 ab
6	3	6,09 c	0,03 a	6,83 f	0,03 ab
7	3	5,89 b	0,03 a	5,72 c	0,03 a
8	3	6,15 cd	0,03 a	5,67 c	0,03 ab
9	3	5,85 b	0,03 a	5,78 c	0,03 ab
10	3	5,43 a	0,06 b	5,15 b	0,04 b
11	3	5,74 b	0,03 a	5,71 c	0,03 ab
p-valor		**0,0001	0,0001	**0,0001	0,0073
C.V. %		1,01	19,06	0,74	9,42

ELABORADO: AUTORA

4.2.3.2.Contenido de Cadmio en el cacao.

El contenido de Cd en las almendras de cacao denotó resultados con diferencias estadísticas al $p \leq 0,05$, los mismos que se muestran en la (Tabla 12), donde los tratamientos evaluados T3, T6 y T4, del cacao Nacional mostraron resultados similares con una disminución en la concentración de Cd, pero cabe destacar que el tratamiento T3 muestra una opción más viable, ya que la dosis de enzima es la más baja (0,10 ml/kl).

Según Cedeño W. demostró que en su investigación hubieron resultados similares usando Ácido clorhídrico pH 3.0 con una reducción de cadmio con un valor numérico 0,93 (13) similar al porcentaje del tratamiento T6 del cacao Nacional, mostrando un valor de 0.96, con relación a las concentraciones T7, T8, T9, T10, los cuales mostraron una mayor

acumulación de metal en las almendras. Los tratamientos T1, T2 y T5 mostraron intervalos por encima de los niveles críticos permisibles por los organismos reguladores (1 ppm).

El tratamiento T8 obtuvo un valor numérico mayor de las concentraciones de cadmio comparado con el testigo T11, la cual implica que T8 no fue eficiente en la remoción de Cadmio, mismo que abre la posibilidad de modificación del tratamiento y la dosis optima, donde el lavado completo pueda ser una opción al igual que el método de fermentación.

En cuanto al cacao CCN-51 se identificó que el único tratamiento apropiado estadísticamente fue el T9 donde hay lavado completo de la muestra, mismo que mostró como resultado la disminución Cd en la almendra de cacao, el promedio en las muestras de T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 dieron como resultados niveles tóxicos, fuera de los estándares establecidos.

Los resultados obtenidos en el tratamiento T10 la mismas que tuvieron una reducción de cadmio mínima, pero no permitida por los estándares de calidad alimenticia, corroboran la información citada por Cedeño E. (13), quien hace mención sobre que el mayor contenido de Cd se encuentra en el mucilago del cacao en baba, y al realizar aplicaciones de lavado y presecado permiten retirar el mucilago fresco antes de que las concentraciones de Cd expuestas en el mismo puedan llegar al interior de la almendra.

Las altas concentraciones de Cd tanto del cacao Nacional como CCN-51 se pueden explicar por fenómenos bióticos y abióticos; el nivel de cadmio encontrado en los sistema tradicional podrían deberse por la concentración natural en el suelo, además los agricultores realizan la aplicación de roca fosfórica y otros insumos fosforados para la nutrición de sus cultivos, sin tener en cuenta que estos insumos contienen altas cantidades de metales principalmente cadmio (43).

Las concentraciones de cadmio en el suelo en la provincia de Esmeraldas actualmente son inexactas y se desconoce de sus tratamientos de remediación de suelos contaminados por metales pesados, sin embargo según Mite (4), pero según Luna R, Rodríguez V. reportaron la presencia de Cd en niveles tóxicos en suelos cacaoteros y en almendras de cacao con cantidades superiores a 1 ppm de Cd, tanto en la provincia de Esmeraldas como en diversas provincias cacaoteras del país (12).

Los resultados del testigo T11 tuvieron menor incidencia de cadmio tanto para el Cacao Nacional y CCN-51 y estadísticamente son recomendables, pero las muestras son de dudosa procedencia ya que podrían provenir de diversas fincas las cuales sus procesos de fermentación y procesos de tratamientos en remediación del suelo son desconocidas.

A diferencia de una investigación realizada por Lopez, A, Hoyos, J, Coronado E., los resultados indican que, para cadmio en almendras, no se presentan diferencias estadísticas los contenidos más altos de cadmio en almendra en promedio por parcela, se encuentran en las parcelas 4 y 3, con valores de 0.91 y 0.81 ppm, respectivamente (43).

Tabla 12. *Contenido de cadmio en almendra de cacao.*

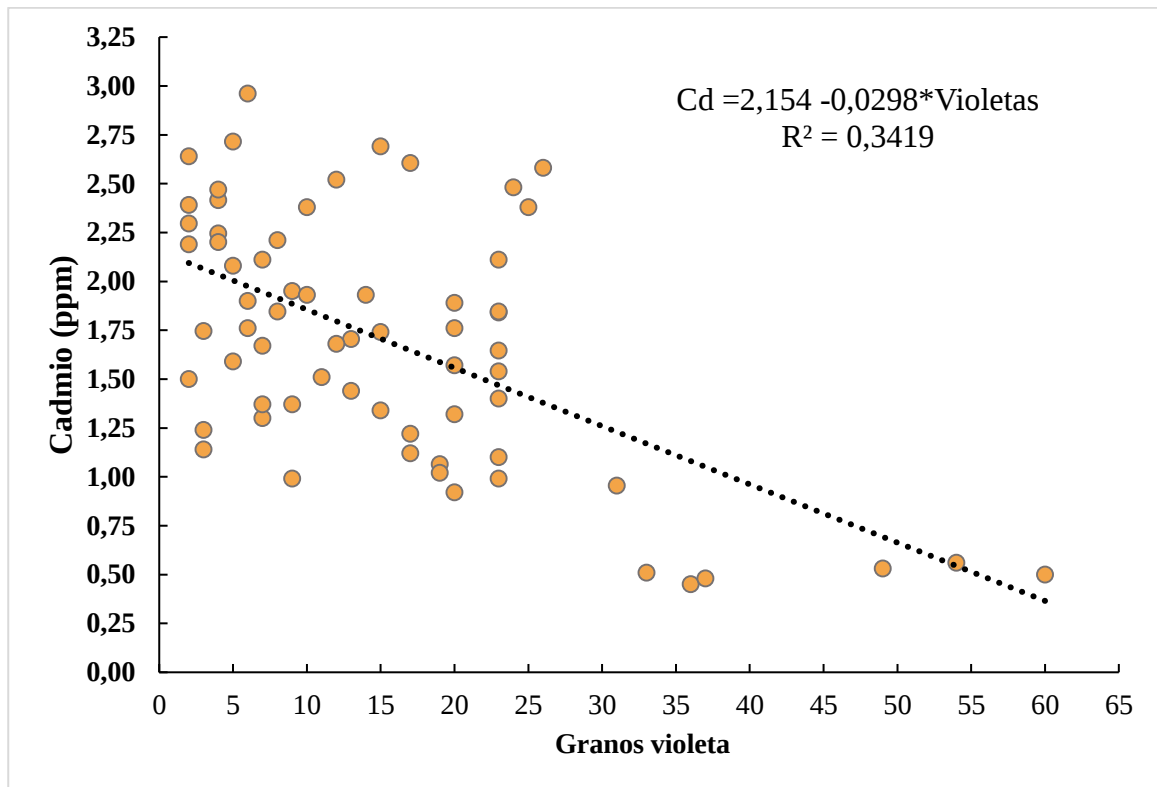
Tratamientos	Contenido de Cadmio ppm	
	NACIONAL Cd ppm	CCN-51 Cd ppm
T1	1,37 bc	2,61 fg
T2	1,32 bc	2,25 dfg
T3	1,07 b	2,42efg
T4	1,12 b	2,30 efg
T5	1,37 bc	2,72 g
T6	0,96 b	1,85 bcd
T7	1,65 cd	2,08 cde
T8	1,84 d	1,75 bc
T9	1,71 cd	1,51 b
T10	2,48 e	1,85 bcd
T11	0,53 a	0,48 a
p-valor	**0,0001	**0,0001
C.V. %	21,36	7,3

ELABORADO: AUTORA

En la figura 2, se puede apreciar una variable con relación lineal negativa, el coeficiente de determinación de la variación de cadmio es de 0,34% debido a la variación de fermentación de los granos de cacao color violeta, es decir que, si la variable de granos violeta del cacao aumenta, disminuye el contenido de cadmio, por ende, existe una tendencia hacia abajo con

un coeficiente de correlación -0,58, misma que nos demuestra que tiene una relación negativamente moderada.

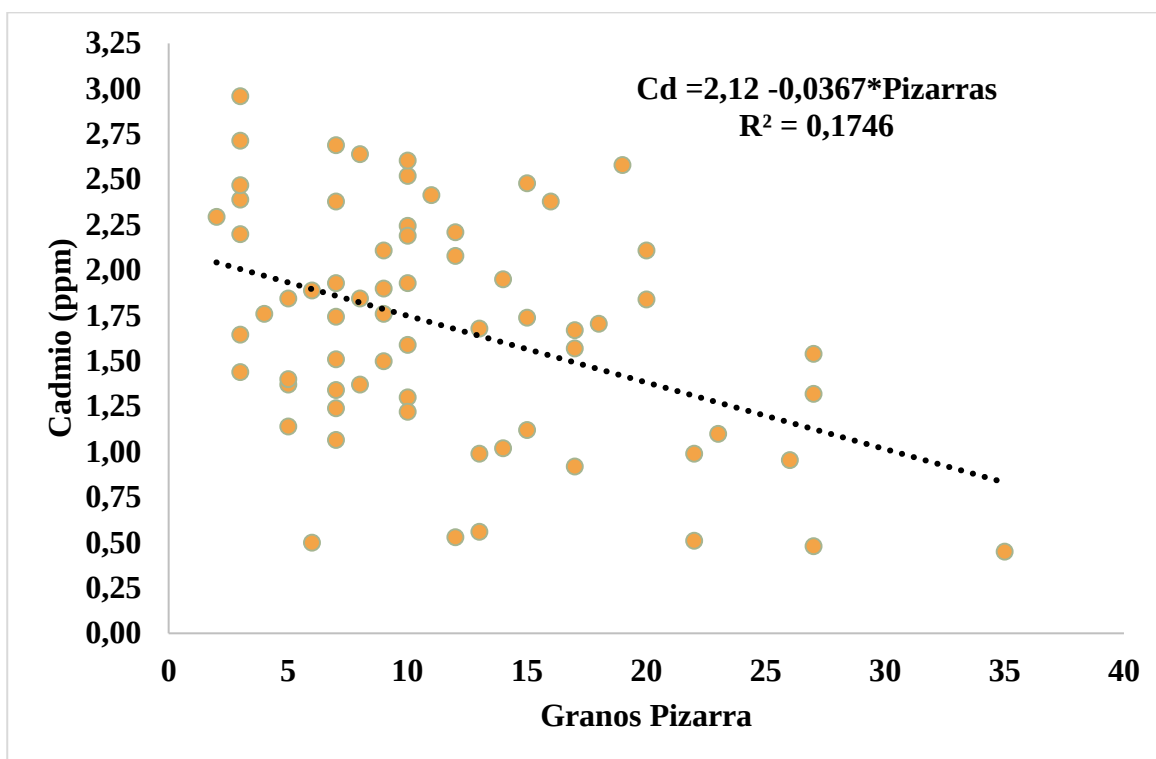
Figura 2. Relación entre contenido de cadmio en las almendras de cacao y los granos violeta Esmeraldas, Ecuador



ELABORADO: AUTORA

En la figura 3, el coeficiente de determinación de la variación de cadmio es de 0,17% conforme a la variación de fermentación de los granos de cacao pizarra, es decir que, si la variable de granos pizarra aumenta, disminuye el contenido de cadmio, por ende, existe una tendencia lineal con dirección negativa, con un coeficiente de correlación de 0,41 misma que nos demuestra que tiene una relación débil.

Figura 3. Relación entre contenido de cadmio en las almendras de cacao y los granos pizarra. Esmeraldas, Ecuador



ELABORADO: AUTORA

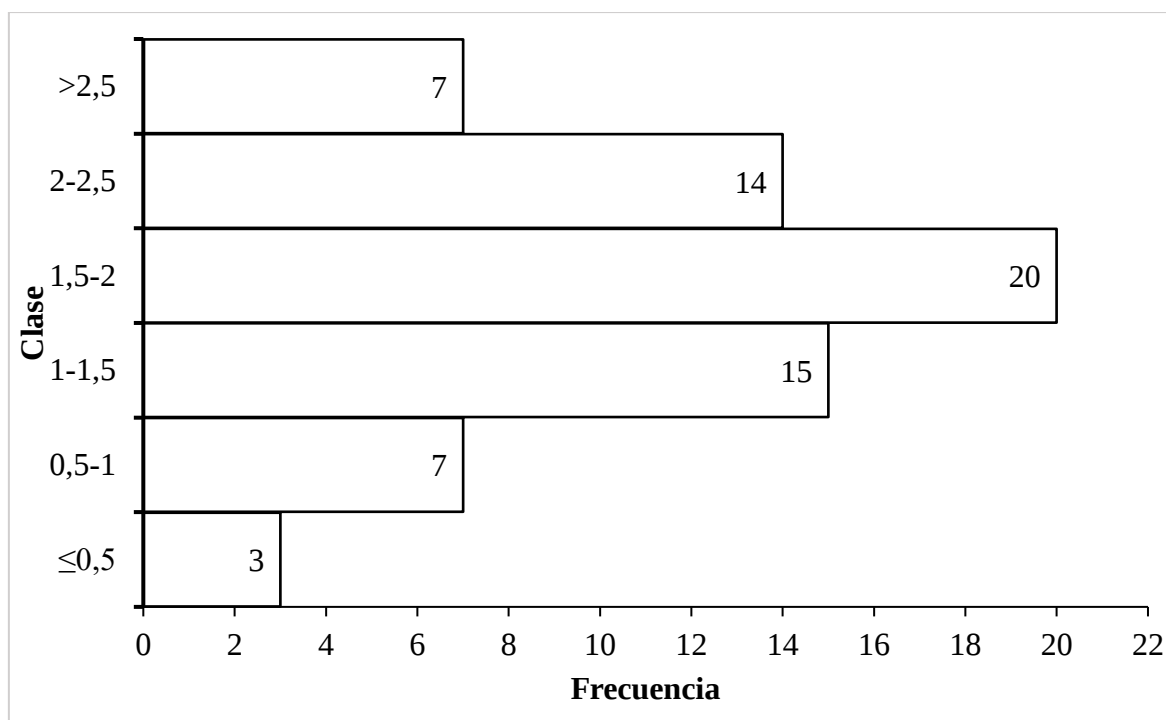
En la tabla 13, se muestra los resultados de los porcentajes obtenidos en los análisis químicos de los genotipos de Cacao Nacional y CCN-51. En la Figura 4, se observa que 4,5% de las muestras de cacao muestran un rango bajo de contenido de cadmio aceptable para el consumo humano, en cuanto a 10.6 y 22.7% de las muestras están en el rango permisible con variedades de contenido de cadmio altamente significativas menores a <1,5 mientras que el de 30.3, 21.2 y el 10.6% de las muestras de cacao están por encima de las concentraciones de cadmio >1,5 mismos que no son aptas para la producción de un nuevo producto.

Tabla 13. *Frecuencias absolutas y relativas de cadmio en almendras de cacao, Esmeraldas, Ecuador.*

Clases	Frecuencia absoluta	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia absoluta acumulada	Frecuencia relativa acumulada (%)
$\leq 0,5$	3	4,5	3	4,5
0,5-1	7	10,6	10	15,2
1-1,5	15	22,7	25	37,9
1,5-2	20	30,3	45	68,2
2-2,5	14	21,2	59	89,4
$> 2,5$	7	10,6	66	100
Total	66	100		

ELABORADO: AUTORA

Figura 4. *Histograma de contenidos de cadmio en almendras de cacao, Esmeraldas-Ecuador.*



ELABORADO: AUTORA

4.3. Establecer la calidad organoléptica en las almendras de cacao, después de la aplicación de la enzima pectintranseliminasa.

4.3.1. Análisis estadístico de las características sensoriales de correlaciones lineales de Pearson.

En la matriz de la (tabla 14), muestra las variables pH y bien fermentado ($r= 0,52$), amargo y Café oscuro ($r= 0,54$), Pizarroso y Nuez ($r= 0,69$), mostraron una moderada correlación y de manera inversa con pH y Ligeramente violeta ($r= -0,53$), Bien fermentado con Ligeramente violeta y pizarroso ($r= -0,51$) asimismo con Violeta y Cd ($r= -0,58$); de otro manera se observó que existe una correlación significativa e igual entre las variables de Bien fermentado y Violeta ($r= 0,75$) pero negativamente con violeta y nuez ($r= -0,75$); no obstante se observó que existe una fuerte correlación entre amargo y nuez ($r= 0,94$), de forma similar pero negativa con Bien fermentado y Nuez ($r= -0,94$) y con diferencias significativas entre Ligeramente violeta y Nuez ($r= -0,86$); sin embargo quienes tuvieron la correlación más débil fue Ligeramente violeta con Cd y pH con Violeta ($r= 0,27$) mostrando diferencias significativas entre la correlación y negativamente con pH y Violeta ($r= -0,26$).

Tabla 14. Matriz de correlaciones entre características físicas del grano y atributos sensoriales.

Tratamiento	pH	Acidez	Bien fermentado	Ligeramente violeta	Violeta	Pizarroso	Amargo	Nuez	Café Oscuro	Cd ppm
pH	1,000									
Acidez	-0,106	1,000								
Bien fermentado	0,524	0,039	1,000							
Ligeramente violeta	-0,535	-0,115	-0,516	1,000						
Violeta	-0,269	0,053	-0,758	-0,068	1,000					
Pizarroso	-0,011	0,021	-0,519	-0,201	0,457	1,000				
Amargo	0,007	0,210	-0,260	0,206	0,258	0,018	1,000			
Nuez	0,000	0,000	-0,945	-0,866	0,756	0,693	0,945	1,000		
Café Oscuro	0,214	0,222	-0,042	0,043	0,036	-0,021	0,549	-0,500	1,000	
Cd ppm	0,150	-0,045	0,361	0,277	-0,585	-0,418	0,335	0,000	0,164	1,000
$r_{0,05} = 0,246$ $r_{0,01} = 0,316$ Grados de libertad (n-2) = 64										

ELABORADO: AUTORA

Los resultados obtenidos, permiten determinar que los sabores específicos; astringente, amargo, cacao, frutal y café oscuro, como muestra la figura 5, donde el tratamiento T7 del Cacao Nacional muestra un sabor a cacao la cual se refleja en altas intensidades. Los sabores astringente, frutal y amargo se mantuvieron en perfiles bajos y medios.

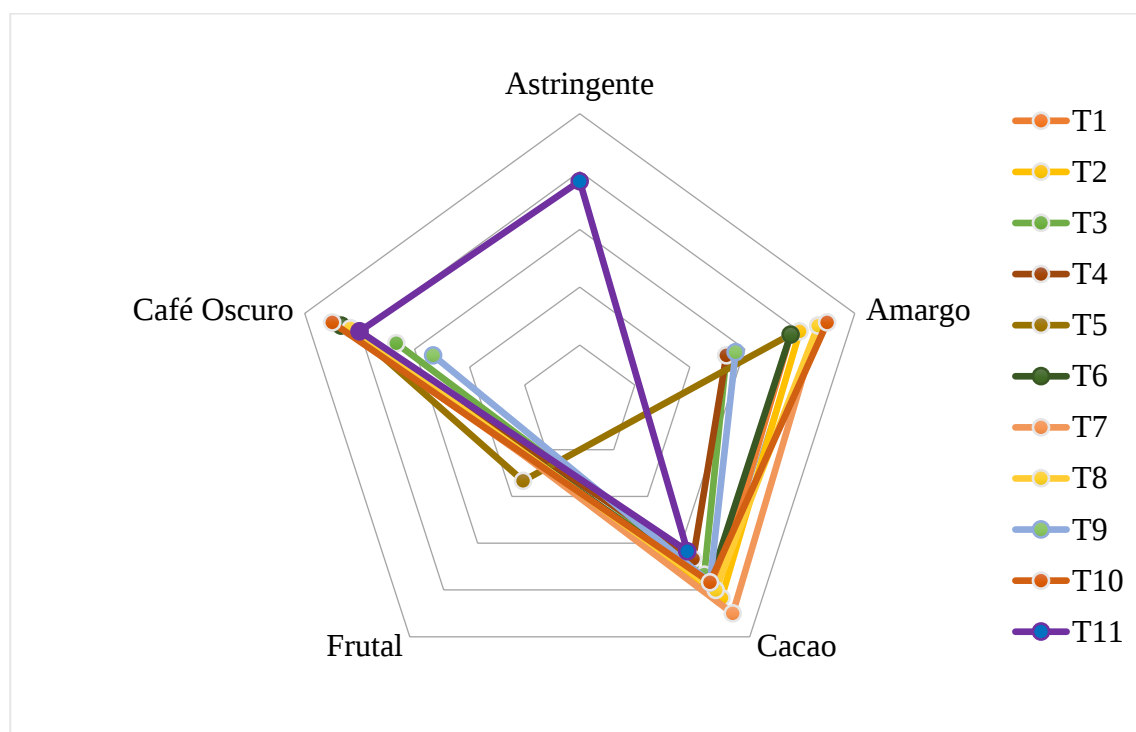
Según Vallejo-Torres CA, Loayza-Flores GL, Morales-Rodríguez W, Vera-Chang J. en el Valle Hermoso-Ecuador muestra resultados similares conforme a sus perfiles de sabores en altas categorías como el sabor a cacao con valores por tratamiento entre 7,44 y 6,59 y el sabor amargo con valores entre 4,15 y 4,61 y aunque son valores que coinciden significativamente son los sabores naturales del cacao se reflejan naturalmente (36).

El tratamiento T7 y T10 fueron calificadas como el mejor cacao por sus sabores naturales de amargo, cacao y su característica física y sensorial de color café oscuro, con ciertas similitudes con diferencias significativas en el sabor amargo T7 (8,67) y T10 (9), sabor a cacao T7 (9) T10 (7,67), café oscuro T7 (8) y T10 (9). El sabor amargo el T1, T5 y T6 presentan los mismos niveles sensoriales y organolépticos con sabores altos de (7,67), y T7 y T8 con (8,67) respectivamente, T3 y T4 ambos con los promedios medios de 5,33 lo que demuestra el escaso sabor amargo.

El tratamiento T7 y T10 fueron calificadas como el mejor cacao por sus sabores naturales de amargo, cacao y su característica física y sensorial de color café oscuro, con ciertas similitudes con diferencias significativas en el sabor amargo T7 (8,67) y T10 (9), el sabor a cacao promedia valores de T7 (9) T10 (7,67) mismos que demuestran grandes diferencias pero con sabores intensos, así mismo con su coloración de café oscuro con valores de T7 (8) y T10 (9). En el sabor amargo del T1, T5 y T6 indican los mismos niveles organolépticos con sabores altos de (7,67), y en los tratamientos T7 y T8 con (8,67) respectivamente, T3 y T4 ambos con los promedios medios de 5,33 lo que demuestra el escaso sabor amargo natural del cacao.

Las muestras con sabor a cacao mostraron igualdad en T1 y T8 con promedios más altos de (8) y una similitud media con T2 (8,33), esto demuestra una alta existencia de amargor en las muestras, adicional a esto se registró que T5 con valor (3,33) indica que presenta un bajo vigor a sabor frutal. Además, se demuestra que el testigo T11 muestra valores altos de astringencia de 7,67.

Figura 5. Análisis sensorial del Cacao Nacional.



ELABORADO: AUTORA

Los perfiles sensoriales que se observa en la figura 6, del Cacao CCN-51, tanto como el astringente, amargo, cacao, frutal, nuez, café oscuro, denota que el T5 muestra una alta intensidad en el sabor cacao y amargo, y una alta intensidad en el color café oscuro.

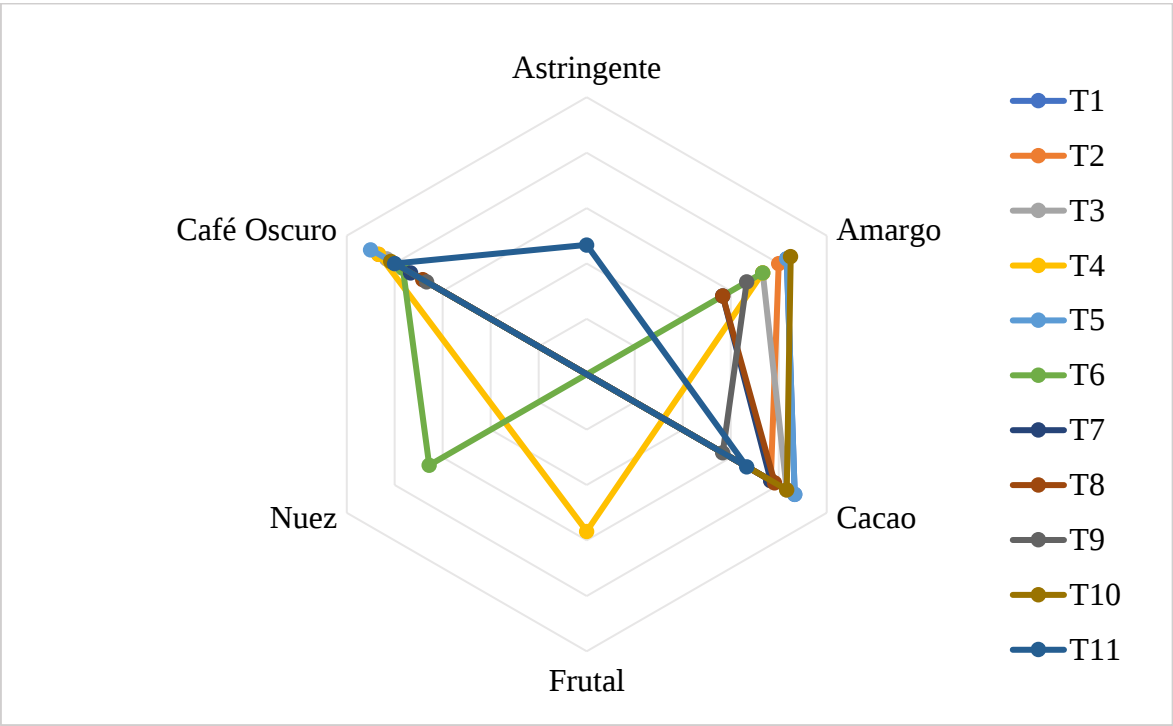
El tratamiento T5 (8,33), T1 (8,33) y T10 (8,50) fueron catalogadas con un valor alto por sus proporcionales sabores a amargo teniendo cierta diferencia estadística con el T2 con un porcentaje de (8,0) y con porcentaje similares con, cacao con T1(8,67), T3 (8,33), T5 (8,67) y T10 (8,33), y su color café oscuro T1 (8,0), T2 (8,67), T3 (8,33), T4 (8,67) ,T10 (8,17) , T11 (8,0) los cuales muestran colores óptimos propios del cacao.

En el sabor amargo también muestra que el T3, T4 y T6 con valores medios, iguales de (7,33) lo cual demuestra que existe una breve intensidad del sabor amargo, el sabor a cacao con valores similares está el T2, T7 con (7,67) y T8 (7,83), y el color café oscuro con similitudes del T6 (7,67) y T7 (7,33), el sabor amargo con valores numéricos medios se encuentra el T9 y el testigo T11 (6,67) con rangos iguales de sabores, el color café oscuro con intervalos de (6,83), y (6,67) en T8 y T9, también se presenta valores (4,67) lo que

demuestra intensidades de astringencia, sabor frutal en T4 (5,67) lo que demuestra cierta intensidad de notas frutales, al igual que T6 mismos que presentan ciertas notas de nuez.

Según Lopez, A, Hoyos, J, Coronado E. observaron que en diferentes zonas del Ecuador los perfiles sensoriales son únicos en su comportamiento individual. Considerando que se encuentran diferencias estadísticas encontradas en el sabor a cacao es decir que tienen una gran variación entre los tratamientos tanto en los perfiles de (acidez, amargor) (44).

Figura 6. *Análisis sensorial del Cacao CCN-51.*



ELABORADO: AUTORA

CAPITULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- ❖ Las variedades CCN-51 y Nacional, fueron estadísticamente diferentes en todas las características químicas, y se determinó que la dosis más apropiada para la variable de Cacao Nacional, fue el tratamiento T6 la cual tuvo una dosis de producto enzimático de 0,20 mL/Kg, y para la variable de CCN-51 que fue el tratamiento T9 con una dosis de 0,30 mL/Kg, en la cual se observó resultados favorables en la disminución de Cd y en la fermentación rápida del cacao en ambos genotipos.
- ❖ Mediante el uso de la enzima pectintranseliminasa se redujo significativamente los niveles del cadmio en la almendra de cacao en el proceso de poscosecha, en las cuales, según los tratamientos evaluados del Cacao Nacional el tratamiento T6 mostró un valor bajo la cual está dentro de los estándares permitidos por los organismos reguladores (1ppm), y el genotipo CCN-51 quien mostró que el tratamiento T9 tuvo una disminución significativa, esto se debe a los altos contenidos de cadmio que contiene el suelo en Esmeraldas, sin embargo ambos genotipos se encuentran con valores óptimos para su consumo.
- ❖ Los resultados sensoriales tuvieron una amplia variable estadística entre Cacao Nacional y CCN-51; pero cabe destacar que sus perfiles organolépticos presentaron valores aceptables en sus sabores básicos y específicos, en la cual se determinó que el tratamiento T7 del Cacao Nacional tuvo una mayor intensidad en sabores amargo y cacao, al igual que T5 del Cacao CCN-51, a diferencia del testigo en ambos genotipos de cacao, el cual presento ciertas particularidades astringentes.

5.2. Recomendaciones.

- ❖ Para próximas investigaciones se recomienda, realizar un estudio al suelo para tener en cuenta los niveles de cadmio existentes y de esta forma poder aplicar la dosis óptima para su fermentación rápida en los procesos de poscosecha que contribuyan la mitigación del cadmio en las almendras cacao.
- ❖ Compartir los resultados obtenidos a los centros de acopio del uso de la enzima pectintranseliminasa PTE para que esta información sirva de ayuda o referencia para futuras técnicas o investigaciones en la reducción de cadmio.
- ❖ Establecer protocolos en el manejo de técnicas de fermentación rápida en poscosecha, en función de una mejor aplicación que permita la reducción de cadmio.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍAS

6.1. Bibliografía.

1. Lanza JG, Churión PC, Liendo NJ, López VH. Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao* L.) de Sanra Bárbara del Zulia, Venezuela. Rev SABER [Internet]. 2016;28(1):106–15. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427746276012.pdf>
2. Nieves Y, Parra N, Villanueva S, Henríquez M. Nota técnica: biorremediación, enemigo del cadmio. Rev Ing UC [Internet]. 2019;26(1):96–104. Available from: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/v26n1/art09.pdf>
3. Arvelo MA, González D, Delgado T, Maroto S, Montoya P, Delgado T. Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América [Internet]. IICA. México; 2017. 280 p. Available from: <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6422/1/BVE18019631e.pdf>
4. Mite F, Carrillo M, Durando W. Avances del monitoreo de presencia de cadmio en almendras de cacao, suelos y aguas de Ecuador. In: Xii Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del suelo [Internet]. 2010. p. 17–9. Available from: <https://repositorio.iica.int/bitstream/11324/6422/1/BVE18019631e.pdf>
5. Valenzuela B. A. Chocolate, a healthy pleasure. Rev Chil Nutr [Internet]. 2007;34(3):180–90. Available from: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182007000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es%0Ahttps://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0717-75182007000300001&lng=es&nrm=iso&tlng=es
6. Araujo L. Verificación del método analítico de espectroscopia de absorción atómica con horno de grafito para la cuantificación de cadmio en almendra de cacao (*Theobroma cacao*) [Internet]. Universidad Politécnica salesiana Sede Quito; 2016. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Salome_Araujo2/publication/334172131_Verificacion_del_metodo_analitico_de_espectroscopia_de_absorcion_atomica_con_horno_de_grafito_para_la_cuantificacion_de_cadmio_en_almendra_de_cacao_Theobroma_cacao/links/5d1b8cfb928

7. Lara V. Evaluación del contenido de cadmio en dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) considerando distintos métodos de secado en la localidad de Luz de América [Internet]. Universidad de las Fuerzas Armadas; 2017. Available from: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/12962/1/T-ESPE-002802.pdf>
8. Erazo C. Diseño de un fermentador y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L), en el cantón El Empalme provincia Guayas [Internet]. Universidad Internacional SEK; 2019. Available from: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/3361/1/FERMENTACION DE CACAO.pdf>
9. Intriago Flor FG, Talledo Solórzano MV, Cuenca Nevárez GJ, Macías Barberán JR, Álvarez Andrade JR, Menjívar Flores JC. Evaluación del contenido de metales pesados en almendras de cacao (*Theobroma cacao* L) durante el proceso de beneficiado. Pro Sci Rev Prod Ciencias e Investig. 2019;3(26):17–23.
10. Amorim Homem de Abreu Loureiro G, Reis de Araujo Q, René-Valle R, Andrade-Sodré G, Moreira de Souza SM. Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. Ecosistemas y Recur Agropecu. 2017;4(12):579.
11. Londoño Franco LF, Londoño Muñoz PT, Muñoz Garcia FG. Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal. Biotecnología en el Sect Agropecu y Agroindustrial [Internet]. 2016;14(2):145. Available from: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a17.pdf>
12. Luna R, Rodríguez V. Determinación de la concentración de cadmio y plomo en papa (*Solanum Tuberosum*) cosechada en las cuencas de los rios Mashcon y Chonta-Cajamarca. [Internet]. Facultad de Farmacia y Bioquímica. Universidad Nacional Mayor de San Carlos; 2016. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/323351175.pdf>
13. Cedeño W. Remoción de Cadmio en almendras de cacao en proceso poscosecha con agentes quelantes, medios ácidos, lavado y presecado [Internet]. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López; 2020. Available from: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1344/1/TTMAI02D.pdf>

14. Pazmiño D. Uso de agroquímicos y acumulación de cadmio y plomo en suelos dedicados a la producción de tabaco. [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2016. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1810/1/T-UTEQ-0007.pdf>
15. Sanchez Barrón G. Ecotoxicología del cadmio: riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio [Internet]. Universidad Complutense; 2016. Available from: http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/GARA_SANCHEZ_BARRON.pdf
16. Bravo Medina CA, Alemán Pérez RD, Freile Almeida JA, Reyes Morán HF, Andino Inmunda MW, Alba Rojas JL, et al. Evaluación del uso de un biocarbón sobre la absorción de cadmio del suelo y la productividad del cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Amazonía ecuatoriana. Rev Iberoam Ambient Sustentabilidad. 2019;2(1):6–15.
17. Gramlich A, Tandy S, Gauggel C, López M, Perla D, Gonzalez V, et al. Soil cadmium uptake by cocoa in Honduras. Sci Total Environ [Internet]. 2018;612:370–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.08.145>
18. Chica Cardona DM, López Sánchez JG. CADMIO APLICABLES A SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CACAO EN COLOMBIA Diana María Chica Cardona Javier Gustavo López Sánchez Universidad de Antioquia Facultad de Ingeniería [Internet]. Universidad de Antioquia; 2020. Available from: http://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/18209/1/ChicaDiana_2020_RemediacionCadmioCacao.pdf
19. Meter A, Atkinson R, Laliberte B. Cadmio en el cacao de America Latina y el Caribe – Análisis de la investigación y soluciones potenciales para la mitigación [Internet]. Bioversity. Vol. 53, Journal of Chemical Information and Modeling. Roma; 2019. 84 p. Available from: https://scioteca.caf.com/bitstream/handle/123456789/1505/Cadmio_en_el_cacao_de_America_Latina_y_el_Caribe.pdf
20. Méndez P, Ramírez G, César A, Gutiérrez R, Alma D, García P. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. Trop

- Subtrop Agroecosystems [Internet]. 2008;10(1):19–44. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
21. Florida Rofner N, Claudio Melchor SL, Gómez Bernal R. EL pH Y LA ABSORCIÓN DE CADMIO EN ALMENDRAS DE CACAO ORGÁNICO (*Theobroma cacao* L.) EN LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, PERU. Folia Amaz [Internet]. 2019;27(1):1–8. Available from: <http://revistas.iiap.gob.pe/index.php/foiaamazonica/article/view/438/514>
 22. Beltrán M. Fitoextracción de suelos contaminados con cadmio y zinc usando especies vegetales comestibles [Internet]. Universidad Autonoma Metropolitana Azcapotzalco; 2001. Available from: [http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/185/Fitoextraccion en suelos contaminados.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/185/Fitoextraccion%20en%20suelos%20contaminados.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
 23. Wilber Oc L, Saavedra Gonza CJ, Wagner Guzmán C, Mondragón Pariente E. Bioacumulación de cadmio en el cacao (*Theobroma cacao*) en la Comunidad Nativa de Pakun, Perú. Rev For del Perú [Internet]. 2018;33(1):63–75. Available from: http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/rfp/article/view/1156/pdf_29
 24. Rodríguez Heredia D. Intoxicación ocupacional por metales pesados. Medisan [Internet]. 2017;21(12):3372–85. Available from: <https://www.redalyc.org/pdf/3684/368454498012.pdf>
 25. Rodríguez M, Martínez N, Romero M, Del Río L, Sandalio L. Toxicidad del Cadmio en Plantas. Ecosistemas [Internet]. 2008;17(3):139–46. Available from: [https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/409/393#:~:text=Ecosistemas 17\(3\)%3A139-146.&text=La contaminación por cadmio puede,plantas contaminadas por el metal.](https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/download/409/393#:~:text=Ecosistemas%2017(3)%3A139-146.&text=La%20contaminaci3n%20por%20cadmio%20puede,plantas%20contaminadas%20por%20el%20metal.)
 26. Hurtado L. Evaluación de varias enmiendas para recuperar suelos cacaoteros contaminados con cadmio (Cd) en condiciones de invernadero [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2012. Available from: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5248>
 27. Cordero J. Fitorremediación in situ para la recuperación de suelos contaminados por

- metales pesados (Plomo y Cadmio) y evaluación de selenio en la finca furatena alta en el Municipio de Útica (Cundinamarca) [Internet]. Universidad libre de Colombia; 2015. Available from: [https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediación in situ para la remoción de metales pesados \(plomo y cadmio\) y evaluación de sel.pdf?sequence=1](https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7958/Fitorremediación%20in%20situ%20para%20la%20remoción%20de%20metales%20pesados%20(plomo%20y%20cadmio)%20y%20evaluación%20de%20sel.pdf?sequence=1)
28. Acosta M. Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático [Internet]. Universidad Nacional de Colombia; 2011. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/11054153.pdf>
 29. Díaz L, Mendoza E, Bravo M, Domínguez N. Determinación de Cadmio y Plomo en almendras de cacao (*Theobroma cacao*), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vines. Espirales Rev Multidiscip Investig [Internet]. 2018;2(2550–6862):77–92. Available from: <http://www.revistaespirales.com/index.php/es/article/view/213/160>
 30. GADPE P de E. Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Esmeraldas 2015-2025. 2015;170. Available from: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0860000160001_PDOT ACTUALIZACIÓN 2015_18-08-2015_12-32-18.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0860000160001_PDOT_ACTUALIZACIÓN_2015_18-08-2015_12-32-18.pdf)
 31. Jiménez Heinert ME, Grijalva Endara A de las M, Ponce Solórzano HX. Plasma acoplado inductivamente en espectroscopia de emisión óptica (ICP-OES). Recimundo. 2020;4(4):4–12.
 32. Al-mentafji HN. Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. Office of. AOAC. 2005.
 33. Egas MA. EVALUACIÓN Y ANÁLISIS TÉCNICO FINANCIERO DEL PROCESO DE PRENSADO DE LICOR DE CACAO (*Theobroma cacao*) PARA LA OBTENCIÓN DE MANTECA Y POLVO DE CACAO [Internet]. Escuela Politécnica Nacional; 2015. Available from: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/11477>
 34. Mundaca Vidarte GA. Análisis de la calidad del grano de cacao mediante imágenes

- hiperespectrales usando técnicas de visión artificial [Internet]. Universidad de Piura. Universidad de Piura; 2016. Available from: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2756/MAS_IME_AUT_013.pdf?sequence=1&isAllowed=y
35. Aguilar H. Manual para la Evaluación de la Calidad del Grano de Cacao [Internet]. 2016. 12–14 p. Available from: http://www.fhia.org.hn/downloads/cacao_pdfs/Manual_para_la_Evaluacion_de_la_Calidad_del_Grano_de_Cacao.pdf
 36. Vallejo-Torres CA, Loayza-Flores GL, Morales-Rodríguez W, Vera-Chang J. Sensory profile of genotypes of cocoa (*Theobroma cacao* L.) un the parish of Valle Hermoso - Ecuador. Rev ESPAMCIENCIA [Internet]. 2018;9(2):103–13. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-54212014000300003&lng=es&nrm=iso&tlng=en
 37. Lucero M. Técnicas De Fermentación Del Cacao Ccn-51 Y Nacional Usando La Enzima Pectin Trans Eliminasa Como Precursor Sensorial De La Almendra Y Licor De Cacao. [Internet]. Escuela Superios Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López; 2019. Available from: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1076/1/TTMZ3.pdf>
 38. Parada Berrios FA, Rodriguez Urrutia EA, Sermenio Chicas JM, Quintanilla Quintanilla JR. CONSERVACIÓN Y MANEJO DE RECURSOS FITOGENÉTICOS DE CAFÉ ROBUSTA (*Coffea canephora*) Y CACAO CRIOLLO (*Theobroma* spp .) EN SISTEMAS AGROECOLÓGICOS [Conservation and management of genetic resources of coffee and criollo cacao in productive agro-ecological [Internet]. San Salvado; 2019. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/228041728.pdf#page=48>
 39. Sánchez V. Caracterización organoléptica del cacao (*Theobroma cacao* L .) , para la selección de árboles con perfiles de sabor de interés comercial [Internet]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo; 2007. Available from: http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Caracterizacion_organoleptica_cacao_Theobroma_cacao_L._seleccion_arboles_perfiles_sabor_interes_comercial.pdf

40. Mora P. Efectos Del Proceso De Fermentación Y Secado Del Grano Sobre El Rendimiento Y Calidad Del Cacao [Internet]. Universidad Técnica De Babahoyo. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO; 2016. Available from: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3241/E-UTB-FACIAG-ING AGRON-000021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

41. Zambrano G. Evaluación de la influencia del proceso de beneficio del cacao (*Theobroma cacao*) CCN-51 de altura en su calidad final, mediante el análisis físico, físico-químico y sensorial. [Internet]. Energies. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR; 2018. Available from: <http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1120700020921110%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.reuma.2018.06.001%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.arth.2018.03.044%0Ahttps://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1063458420300078?token=C039B8B13922A2079230DC9AF11A333E295FCD8>

42. Álvarez C, Tovar L, García H, Morillo F, Sánchez P, Girón C, et al. Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) usando dos tipos de fermentadores. Rev Científica UDO Agrícola [Internet]. 2010;10(1):76–87. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3909942>

43. Lopez, A ; Hoyos, J; Coronado E. Determinación del contenido de Cadmio (Cd) en almendras de Cacao (*Theobroma cacao* l) cultivado bajo tres sistemas de manejo en San Alejandro-region Ucayali. Univ Nac Ucayali [Internet]. 2018;(Cd):1–11. Available from: <http://181.176.160.68/handle/UNU/3926>

44. Solórzano Chavez E, Nicklin C, Amores Puyutaxi F, Jiménez Barragan J, Barzola Miranda S. Comparación sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador. Cienc y Tecnol [Internet]. 2015;8(1):37. Available from: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5319282.pdf>

CAPITULO VII

ANEXOS

Anexo 1. *Reporte de resultados de análisis técnico de cadmio en las almendras del laboratorio.*

PARÁMETRO	MÉTODO
DETERMINACIÓN DE CADMIO MEDIANTE ICP-OES	Digestión con HNO ₃ +H ₂ O ₂
Nota: Los resultados corresponden únicamente a las muestras analizadas por el laboratorio.	

Reporte de Calibración	
Estándares	Intensidad medida
Blanco	56,6
Set 1 = 0,0025 ppm	47,8
St 2= 0,005 ppm	65,2
St3 = 0,01 ppm	130,5
St4= 0,02 ppm	261,4
St5=0,04 ppm	515,2
St6=0,08 ppm	977,9
St7=0,160 ppm	1914,0
Coef. Cor. (R ²)	0,9994

Reporte de Calidad		
Control de Calidad	Concentración Esperada ppm	Concentración Obtenida ppm
Blanco	0.00	-0.0005
Muestra Duplicado	0,136	0,137
Muestra Conocida	0.01	0.01
Material de Referencia Interno	0.368	0.334
%Recuperación	100	91

Desviación estándar	
Cadmio	0,005

ANÁLISIS DE CADMIO	
NOMBRE MUESTRA	Cd ppm
N1E1	1,30
N1E2	1,44
N2E1	1,54
N2E2	1,10
N3E1	0,99
N3E2	1,14
N4E1	1,22
N4E2	1,02
N5E1	1,50
N5E2	1,24
N6E1	0,92
N6E2	0,99
N7E1	1,40
N7E2	1,89
N8E1	2,11
N8E2	1,57
N9E1	1,74
N9E2	1,67
N0E1	2,38
N0E2	2,58
N+E1	0,56
N+E2	0,50
C1E1	2,52
C1E2	2,69
C2E1	2,38
C2E2	2,11
C3E1	2,64
C3E2	2,19
C4E1	2,39
C4E2	2,20
C5E1	2,47
C5E2	2,96
C6E1	1,76

ANÁLISIS DE CADMIO	
NOMBRE MUESTRA	Cd ppm
C6E2	1,93
C7E1	2,21
C7E2	1,95
C8E1	1,90
C8E2	1,59
C9E1	1,34
C9E2	1,68
C0E1	1,76
C0E2	1,93
C+E1	0,45
C+E2	0,51

Anexo 2. Análisis de varianza por test de Tukey del Cacao CCN_51.

Tabla 15. Análisis Tukey del pH del Cacao CCN_51.

pH					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
CCN-51	pH	33	1,00	1,00	0,74

ELABORADO: AUTORA

Tabla 16. Análisis de varianza del pH del Cacao CCN_51.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14,89	10	1,49	768,91	<0,0001
TRATAMIENTO	14,89	10	1,49	768,91	
Error	0,04	22	1,90E-03		
Total	14,93	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 17. Análisis Tukey del Acidez del Cacao CCN_51.

ACIDEZ					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
CCN-51	ACIDEZ	33	0,61	0,43	9,42

ELABORADO: AUTORA

Tabla 18. Análisis de varianza de la acidez del Cacao CCN_51.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,00E-04	10	3,00E-05	3,46	0,0073
TRATAMIENTO	3,00E-04	10	3,00E-05	3,46	0,0073
Error	1,90E-04	22	8,60E-06		
Total	4,90E-04	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 19. *Análisis Tukey de Bien fermentado del Cacao CCN_51.*

BIEN FERMENTADO					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
CCN-51	Bien fermentado	33	0,98	0,97	9,11

ELABORADO: AUTORA

Tabla 20. *Análisis de varianza de Bien fermentado del Cacao CCN_51.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	15189,52	10	1518,95	121,08	<0,0001
TRATAMIENTO	15189,52	10	1518,95	121,08	<0,0002
Error	276,00	22	1,26E+01		
Total	15465,52	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 21. *Análisis Tukey de violeta del Cacao CCN_51.*

VIOLETA					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
CCN-51	Violeta	33	0,96	0,94	21,47

ELABORADO: AUTORA

Tabla 22. *Análisis de varianza de violeta del Cacao CCN_51.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2776,24	10	277,62	51,47	<0,0001
TRATAMIENTO	2776,24	10	277,62	51,47	<0,0002
Error	118,67	22	5,39		
Total	2894,91	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 23. *Análisis Tukey de pizarroso del Cacao CCN_51.*

PIZARROSO					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
CCN-51	Pizarroso	33	0,90	0,85	27,72

ELABORADO: AUTORA

Tabla 24. *Análisis de varianza de pizarroso del Cacao CCN_51.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1365,88	10	136,59	19,26	<0,0001
TRATAMIENTO	1365,88	10	136,59	19,26	<0,0002
Error	156,00	22	7,09		
Total	1521,88	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 25. *Análisis Tukey de Cd ppm del Cacao CCN_51.*

Cd ppm					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
CCN-51	Cd ppm	33	0,96	0,94	7,30

ELABORADO: AUTORA

Tabla 26. *Análisis de varianza del Cd ppm del Cacao CCN_51.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	11,61	10	1,16	55,41	<0,0001
TRATAMIENTO	11,61	10	1,16	55,41	<0,0002
Error	0,46	22	0,02		
Total	12,07	32			

ELABORADO: AUTORA

Anexo 3. Análisis de varianza por test de Tukey del Cacao Nacional

Tabla 27. Análisis Tukey del pH del Cacao Nacional.

pH					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cacao Nacional	pH	33	0,98	0,97	1,01

ELABORADO: AUTORA

Tabla 28. Análisis de varianza del pH del Cacao Nacional.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,09	10	0,41	108,52	<0,0001
TRATAMIENTO	4,09	10	0,41	108,52	<0,0002
Error	0,08	22	3,80E-03		
Total	4,17	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 29. Análisis Tukey del Acidez del Cacao Nacional.

ACIDEZ					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cacao Nacional	ACIDEZ	33	0,75	0,64	19,06

ELABORADO: AUTORA

Tabla 30. Análisis de varianza de la acidez del Cacao Nacional.

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	3,30E-03	10	3,30E-04	6,63	0,0001
TRATAMIENTO	3,30E-03	10	3,30E-04	6,63	0,0001
Error	1,10E-03	22	5,00E-05		
Total	4,40E-03	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 31. *Análisis Tukey de Bien fermentado del Cacao Nacional.*

BIEN FERMENTADO					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cacao Nacional	Bien fermentado	33	0,98	0,98	9,53

ELABORADO: AUTORA

Tabla 32. *Análisis de varianza de Bien fermentado del Cacao Nacional.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	12537,21	10	1253,72	127,3	<0,0001
TRATAMIENTO	12537,21	10	1253,72	127,3	<0,0002
Error	216,67	22	9,85		
Total	12753,88	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 33. *Análisis Tukey de cacao violeta*

VIOLETA					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cacao Nacional	Violeta	33	0,94	0,91	20,09

ELABORADO: AUTORA

Tabla 34. *Análisis de varianza de violeta del Cacao Nacional.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	5282,97	10	528,3	31,76	<0,0001
TRATAMIENTO	5282,97	10	528,3	31,76	<0,0002
Error	366,00	22	16,64		
Total	5648,97	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 35. *Análisis Tukey de pizarroso del Cacao Nacional.*

PIZARROSO					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cacao Nacional	Pizarroso	33	0,88	0,83	21,36

ELABORADO: AUTORA

Tabla 36. *Análisis de varianza de pizarroso del Cacao Nacional.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1392,97	10	139,3	16,42	<0,0001
TRATAMIENTO	1392,97	10	139,3	16,42	<0,0002
Error	186,67	22	8,48		
Total	1579,64	32			

ELABORADO: AUTORA

Tabla 37. *Análisis Tukey de Cd ppm del Cacao Nacional.*

Cd ppm					
Genotipo	Variable	N	R²	R² Aj	CV
Cacao Nacional	Cd ppm	33	0,95	0,92	10,37

ELABORADO: AUTORA

Tabla 38. *Análisis de varianza del Cd ppm del Cacao Nacional.*

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)					
F.V	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	8,00	10	0,80	37,9	<0,0001
TRATAMIENTO	8,00	10	0,80	37,9	<0,0002
Error	0,46	22	0,02		
Total	8,46	32			

ELABORADO: AUTORA

Anexo 4. Calificación de la prueba de corte de las muestras de cacao CCN-51.

Tabla 39. Análisis de prueba de corte del cacao CCN-51.

TRATAMIENTO	CALIDAD						
	Bien fermentado	Ligeramente violeta	Violeta	Sobre fermentado	Pizarroso	Mohoso	Daño por insectos
1	17	61	12	0	10	0	0
1	11	67	15	0	7	0	0
1	13	60	17	0	10	0	0
2	63	20	10	0	7	0	0
2	60	24	7	0	9	0	0
2	61	25	4	0	10	0	0
3	53	37	2	0	8	0	0
3	45	43	2	0	10	0	0
3	47	38	4	0	11	0	0
4	53	42	2	0	3	0	0
4	52	41	4	0	3	0	0
4	51	45	2	0	2	0	0
5	80	13	4	0	3	0	0
5	73	18	6	0	3	0	0
5	75	17	5	0	3	0	0
6	10	66	20	0	4	0	0
6	9	70	14	0	7	0	0
6	7	62	23	0	8	0	0
7	45	35	8	0	12	0	0
7	40	37	9	0	14	0	0
7	44	39	5	0	12	0	0
8	55	30	6	0	9	0	0
8	48	37	5	0	10	0	0
8	51	39	3	0	7	0	0
9	35	43	15	0	7	0	0
9	30	45	12	0	13	0	0
9	32	50	11	0	7	0	0
10	45	40	6	0	9	0	0
10	30	50	10	0	10	0	0
10	33	54	8	0	5	0	0
11	3	20	36	0	35	3	3
11	5	27	33	0	22	5	8
11	7	23	37	0	27	1	5

ELABORADO: AUTORA

Anexo 5. *Calificación de la prueba de corte de las muestras de cacao Nacional.*

Tabla 40. *Análisis de prueba de corte de Cacao Nacional.*

TRATAMIENTO	CALIDAD						
	Bien fermentado	Ligeramente violeta	Violeta	Sobre fermentado	Pizarroso	Mohoso	Daño por insectos
1	53	30	7	0	10	0	0
1	57	27	13	0	3	0	0
1	55	30	7	0	8	0	0
2	30	20	23	0	27	0	0
2	36	18	23	0	23	0	0
2	34	19	20	0	27	0	0
3	65	13	9	0	13	0	0
3	76	16	3	0	5	0	0
3	61	13	19	0	7	0	0
4	35	38	17	0	10	0	0
4	37	30	19	0	14	0	0
4	39	29	17	0	15	0	0
5	49	40	2	0	9	0	0
5	52	38	3	0	7	0	0
5	46	40	9	0	5	0	0
6	3	60	20	0	17	0	0
6	7	48	23	0	22	0	0
6	3	40	31	0	26	0	0
7	36	36	23	0	5	0	0
7	38	36	20	0	6	0	0
7	35	39	23	0	3	0	0
8	20	37	23	0	20	0	0
8	23	40	20	0	17	0	0
8	19	38	23	0	20	0	0
9	40	30	15	0	15	0	0
9	43	33	7	0	17	0	0
9	39	30	13	0	18	0	0
10	14	45	25	0	16	0	0
10	15	40	26	0	19	0	0
10	18	43	24	0	15	0	0
11	3	26	54	0	13	2	2
11	2	30	60	0	6	2	0
11	4	28	49	0	12	5	2

ELABORADO: AUTORA

Anexo 6. Calificación de análisis sensoriales de cacao CCN-51.

Tabla 41. Análisis sensorial de cacao CCN-51.

SENSORIAL CCN-51									
Tratamientos	Sabores Básicos			Sabores Específicos				Fase Visual	
	Astringente	Amargo	Ácido	Cacao	Frutal	Floral	Nuez	Café Claro	Café Oscuro
1		8		8					8
1		8		9					8
1		9		9					8
2		8		7					8
2		8		8					9
2		8		8					9
3		7		9					8
3		9		8					9
3		6		8					8
4		7			6				9
4		8			5				8
4		7			6				9
5		8		9					9
5		8		8					9
5		9		9					9
6		6					5		7
6		7					5		9
6		9					9,7		7
7		5		8					7
7		7		6					8
7		5		9					7
8		6		8					7
8		6		7,5					6,5
8		5		8					7
9		6		5					5
9		8		5					7
9		6		7					8
10		7		9					8
10		9		8					8,5
10		9,5		8					8
11	5			7					8
11	4			6					8
11	5			7					8

ELABORADO: AUTORA

Anexo 7. Calificación de análisis sensoriales del cacao Nacional.

Tabla 42. Análisis sensorial de Cacao Nacional.

SENSORIAL									
Tratamientos	Sabores Básicos			Sabores Específicos				Fase Visual	
	Astringente	Amargo	Ácido	Cacao	Frutal	Floral	Nuez	Café Claro	Café Oscuro
1		7		9					9
1		8		8					8,5
1		8		7					9
2		7		8					8
2		9		8					9
2		8		9					8
3		5		7					6
3		6		8					7
3		5		7					7
4		5		7					8
4		6		7					9
4		5		6					9
5		9			3				9
5		7			4				8
5		7			3				8
6		8		7					9
6		8		8					9
6		7		8					8
7		8		9					8
7		9		9					8
7		9		9					8
8		9		7					9
8		9		8					8
8		8		9					8
9		6		8					5
9		5		8					6
9		6		7					5
10		10		8					9
10		9		8					9
10		8		7					9
11	8			6					8
11	7			7					8
11	8			6					8

ELABORADO: AUTORA

Anexo 8. Evidencias fotográficas.



Imagen 1. Secado de la muestra de cacao en tendal para previa fermentación.



Imagen 2. Secado de la muestra de cacao en zaranda para previa fermentación aireada.



Imagen 3. Secado de la muestra de cacao en sarán para previa fermentación.



Imagen 4. Empacamiento y codificación de las muestras de cacao para previo análisis de pH y acidez.



Imagen 5. Empacamiento y codificación de las muestras para análisis sensorial.



Imagen 6. Calentamiento del agua destilada utilizada como reactivo para análisis de pH y acidez.



Imagen 7. Agitación de las muestras en balanza agitadora.



Imagen 8. Resultados del pH analizado en el pHmetro.



Imagen 9. Muestra con etanol para previo análisis de acidez.



Imagen 10. Filtración de muestras para previa titulación.



Imagen 11. Filtración de muestras para previa titulación.



Imagen 12. Resultados de las muestras de tituladas.