



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo a
la obtención del título de Ingeniero
Agroindustrial.

Título del Proyecto de Investigación:

“MODIFICACIÓN BIOQUÍMICA DEL COTILEDÓN DE CACAO (*Theobroma cacao L*) EN LA ETAPA DE POSTCOSECHA CON LA ADICIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) Y ENZIMA (*Polifenol oxidasa*) PARA MEJORAR SU CALIDAD”

Autora:

Dara Evelyn Medina Velásquez

Director del proyecto de investigación:

Ing. Loguard Rojas Uribe, MSc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Medina Velásquez Dara Evelyn**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, 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 Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

f. _____

Medina Velásquez Dara Evelyn,

C.C. # 120704018-7



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. MSc. Loguard Rojas Uribe, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Medina Velásquez Dara Evelyn, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“MODIFICACIÓN BIOQUÍMICA DEL COTILEDÓN DE CACAO (*Theobroma cacao L*) EN LA ETAPA DE POSTCOSECHA CON LA ADICIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) Y ENZIMA (*Polifenol oxidasa*) PARA MEJORAR SU CALIDAD”** previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. MSc. LOGUARD ROJAS URIBE
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

Ing. MSc. Loguard Rojas Uribe
Director del Proyecto de Investigación

Mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de investigación cuyo tema es titulado **“MODIFICACIÓN BIOQUÍMICA DE COTILEDÓN DE CACAO (*Theobroma cacao L*) EN LA ETAPA DE POSTCOSECHA CON LA ADICIÓN DE LEVADURA (*Saccharomyces cerevisiae*) Y ENZIMA (*Polifenol oxidasa*) PARA MEJORAR SU CALIDAD”** presentado por la estudiante **MEDINA VELÁSQUEZ DARA EVELYN**, egresada de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Académico de Facultad de Ciencias de la Ingeniería que ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 99% y similitud 1%, del trabajo investigativo. Valido este documento para que la estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo a lo que establece el Reglamento.

URKUND

Document Information

Analyzed document	Tesis DEMV 06_02__ (1) (1).docx (D79931645)
Submitted	9/25/2020 6:28:00 PM
Submitted by	LOGUARD ROJAS
Submitter email	lrojas@uteq.edu.ec
Similarity	1%
Analysis address	lrojas.uteq@analysis.arkund.com

Por su atención deseo significar mis agradecimientos.

Cordialmente,

Ing. MSc. LOGUARD ROJAS URIBE
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



**UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“Modificación bioquímica de cotiledón de cacao (*Theobroma cacao L*) en la etapa de postcosecha con la adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (*Polifenol oxidasa*) para mejorar su calidad”

Presentado al Consejo Directivo de Facultad de Ciencias de la Ingeniería como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial.

Aprobado por:

Ing. Msc. Dra. Flor Marina Fon Fay Vásquez
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. MSc Gina Mariuxi Guapi Álava
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. MSc. Robert William Moreira Macías
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2020-2021

AGRADECIMIENTO

A mi padre Joffre Velásquez por estar presente en todo momento de mi vida, brindándome su amor y cariño paternal.

A mi abuela Blanca, quien ha sido un pilar fundamental en la familia.

A mis tías Jeny, María, Laura y Tatiana, quienes han aportado mucho en mi vida, debido a que en el transcurso de mi formación y crecimiento han estado presentes en todo momento, cada una a su manera me ha brindado cariño, confianza y apoyo incondicional.

A mis primos/as Cristian, Luis, George, Jonathan, Raisha, Thais y Dasha, por todos los momentos juntos durante nuestra infancia y crecimiento.

A mi padrino Dr. Eduardo Chalen por no rendirse y ayudarme a seguir con vida, siempre estará en mi memoria y corazón.

A mis grandes amigos Erick y Sheyling quienes, con su gran amistad y aprecio, me han ayudado, respaldado, alentado y motivado a seguir adelante durante todos estos años.

Al Ing. MSc. Loguard Rojas Uribe director de mi proyecto de investigación quien me ha guiado con su constante paciencia y enseñanza para lograr culminar esta meta.

A La Universidad Técnica Estatal de Quevedo por abrirme sus puertas y a cada uno de los Docentes de la FCI, por haber compartido sus conocimientos durante mi preparación.

Familia y amigos, no podría sentirme más grata con la confianza puesta sobre mí, especialmente cuando he contado con su mejor apoyo en todo momento, no hubiera logrado concluir con éxito este proyecto que en un principio parecía colosal e interminable. Es por ello que les doy mis más sinceros agradecimientos por todo, recuerden que los quiero, siempre estarán presentes en mi corazón.

Dara Evelyn Medina Velásquez

DEDICATORIA

Con amor dedico mi trabajo de investigación a toda mi familia, en especial a mi madre Kerly Velásquez Arévalo, quien desde el momento que nací e incluso antes que eso, ya estaba buscando las maneras de ofrecerme lo mejor para lograr que yo sea la persona que ahora soy, gracias por tu esfuerzo y dedicación constante hacia mi persona, a mi amada gata Peluxa por siempre brindarme su tierna compañía.

Finalmente, a mi enamorado Mathew Zúñiga quien forma parte del conjunto de personas más importantes durante este proceso de mi vida, brindándome su amor, comprensión y sobre todo su apoyo en todo momento.

Dara Evelyn Medina Velásquez

RESUMEN

Esta investigación pretendió mejorar las características de calidad de las almendras de cacao para la elaboración de chocolates, a través de la modificación bioquímica del cotiledón del cacao en la etapa de postcosecha, mejorando así las reacciones ocurridas dentro del cotiledón en las almendras con la adición de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzimas (*Polifenol oxidasa* - *Pectinatranseliminasa*) en la etapa de postcosecha, realizando una fermentación con levaduras y otra con la incorporación de enzimas, en dos tiempos 3 y 4 días de fermentación, lo que ayudó a la modificación bioquímica dentro del cotiledón de las almendras del cacao, mejorando sus características físicas, químicas y sus atributos organolépticos.

Los resultados obtenidos del diseño experimental con la adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y melaza en la etapa de postcosecha del cacao, han demostrado la mejora de las características físicas, químicas y sus atributos organolépticos en comparación con el testigo. Debido a que se obtuvieron resultados favorables en los tratamientos T4 (0,125% de levadura x con melaza) y el T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza) en cuanto a los análisis físicos y químicos como: humedad, prueba de corte y acidez. Con respecto al diseño experimental de la adición de porcentajes de enzimas (*Polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*) se pudo observar en los resultados que no hubo una mejora notable en la calidad del cacao en cuanto a sus análisis físicos y químicos como: prueba de corte, humedad, acidez, cenizas y proteínas, con respecto al testigo, pero si en el caso del porcentaje de testa, pH de testa y cotiledón.

Palabras clave: cacao, fermentación, enzima, levaduras, chocolates.

ABSTRACT

This research aimed to improve the quality characteristics of cocoa almonds for the processing of chocolates, through the biochemical modification of cocoa cotyledon in the post-harvest stage, Thus improving the reactions within the cotyledon in almonds with the addition of yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) and enzymes (polyphenol oxidase - Pectinatransdelerase) in the post-harvest stage, performing a fermentation with yeasts and another with the addition of enzymes, in two times 3 and 4 days of fermentation, this helped to the biochemical modification within the cotyledon of cocoa almonds, improving their physical, chemical characteristics and its organoleptic attributes.

The results obtained from the experimental design with the addition of yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) and molasses in the post-harvest stage of cocoa have demonstrated the improvement of physical, chemical and organoleptic characteristics compared with the control. Because favorable results were obtained in T4 treatments (0,125% yeast x molasses) and T6 (0,250% molasses yeast) in terms of physical and chemical analyzes such as: Moisture, cut-off test and acidity. With regard to the experimental design of the addition of enzyme percentages (polyphenol oxidase and pectinatransdelase), it was observed in the results that there was no improvement in cocoa quality in terms of its physical and chemical analyzes such as: Test of cut, moisture, acidity, ashes and proteins, with respect to the control, but if in the case of percentage of testa, pH of testa and cotyledon.

Keywords: cocoa, fermentation, enzyme, yeasts, analysis, chocolate.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO.....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema.....	3
1.1.2. Diagnóstico.....	3
1.1.3. Pronóstico.....	3
1.1.4. Formulación del problema.....	4
1.1.5. Sistematización del problema.....	4
1.2. Justificación.....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
1.4. Hipótesis.....	5
1.4.1. Hipótesis Nula.....	5
1.4.2. Hipótesis Alternativa.....	5
1.5. Variables de estudio.....	6
1.5.1. Variable independiente.....	6
1.5.2. Variable dependiente.....	6
CAPÍTULO II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.1. Marco Teórico.....	8

2.1.1.	Cacao.....	8
2.1.1.1.	Historia del cacao.....	8
2.1.1.2.	Morfología del cacao.....	8
2.1.1.3.	Composición química del cacao.....	9
2.1.1.5.	Factores que influyen en el sabor característico del cacao ecuatoriano.....	10
2.1.1.6.	Exportación de cacao.....	10
2.1.1.7.	Industria del chocolate.....	11
2.1.2.	Manejo postcosecha del cacao.....	11
2.1.2.1.	Fermentación.....	11
2.1.2.2.	Métodos de fermentación.....	15
2.1.2.3.	Factores que influyen en el proceso fermentativo del cacao.....	15
2.1.2.4.	Enzimas presentes en el cacao durante la fermentación.....	16
2.1.2.5.	Adición de enzimas durante la fermentación.....	17
2.1.2.6.	Selección y clasificación de las almendras de cacao fermentadas.....	17
2.1.2.7.	Empaque y almacenamiento.....	18
2.2.	Marco Conceptual.....	19
2.2.1.	Cacao.....	19
2.2.2.	Cacao nacional.....	19
2.2.3.	Fisiología postcosecha.....	19
2.2.4.	Fermentación.....	19
2.2.5.	Fermentación anaeróbica y aeróbica.....	20
2.2.6.	Levadura <i>S. Cerevisiae</i>	20
2.2.7.	Enzimas.....	20
2.2.8.	Enzima PPOs.....	20
2.2.9.	Enzima Pectinatranseliminasa.....	20
2.2.10.	Volteado.....	21
2.2.11.	Temperatura.....	21
2.2.12.	Secado natural.....	21
2.3.	Marco referencial.....	22
2.3.1.	Efecto de la enzima pectolítica y levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) en la fermentación y calidad del cacao var. criollo (<i>Theobroma cacao L.</i>).....	22
2.3.2.	Mejoramiento de las características físico-químicas y sensoriales del cacao CCN-51 a través de la adición de una enzima y levadura durante el proceso de fermentación.....	22

2.3.3.	“Mejoramiento del sistema de calidad del cacao fino de aroma en el proceso de postcosecha de la región Tumbes”.	23
2.3.4.	Adición de enzimas y levaduras sobre los cambios químicos y organolépticos del cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) clon CCN-51.	23
2.3.5.	Fermentación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) variedad CCN-51 inoculando <i>Acetobacter</i> .	24
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN		25
3.1.	Localización.	26
3.2.	Tipo de investigación.	26
3.2.1.	Experimental.	26
3.2.2.	Bibliográfica.	26
3.2.3.	Analítica.	26
3.3.	Metodología de la investigación.	27
3.3.1.	Método inductivo.	27
3.3.2.	Método deductivo.	27
3.4.	Planteamiento del diseño experimental de la investigación.	28
3.4.1.	Plan experimental para la fermentación con levadura.	28
3.4.1.1.	Factores de estudio.	28
3.4.1.2.	Interacciones de los factores de estudio.	28
3.4.1.3.	Esquema del experimento.	29
3.4.1.4.	Variables de estudio.	29
3.4.2.	Plan experimental para la fermentación con Enzimas (<i>Polifenol Oxidasa y pectinatranseliminasa</i>).	30
3.4.2.1.	Factores de estudio.	30
3.4.2.2.	Interacciones de los factores de estudio.	30
3.4.2.3.	Esquema del experimento.	31
3.4.2.4.	Variables de estudio.	31
3.5.	Materiales y equipos.	32
3.6.	Manejo del Experimento.	33
3.6.1.	Fermentación.	33
3.6.2.	Primer a Etapa.	34
3.6.2.1.	Secado.	34
3.6.2.2.	Análisis físicos.	34

3.6.2.3.	Análisis químicos.	36
3.6.3.	Segunda etapa.....	39
3.6.3.1.	Descripción del proceso de elaboración del chocolate al 100% de concentración.....	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		41
4.1.	Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) con respecto a los análisis físicos y químicos en el cacao.	42
4.1.1.	Resultados de la fermentación con levadura y melaza.....	42
4.1.2.	Resultados de la fermentación con enzimas (<i>Polifenol Oxidasa</i> y <i>pectinatranseliminasa</i>).....	51
4.1.3.	Resultado del análisis sensorial de los diseños estudiados.	60
4.1.3.1.	Resultado de análisis sensorial de la fermentación con levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) y melaza.....	60
4.1.3.2.	Resultado de análisis sensorial de la fermentación con enzimas (<i>Polifenol Oxidasa</i> y <i>pectinatranseliminasa</i>).....	64
4.2.	Discusión de resultados.....	68
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		74
5.1.	Conclusiones.	75
5.2.	Recomendaciones.....	76
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA		77
6.1.	Bibliografía.....	78
CAPÍTULO VII. ANEXOS.....		83

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1.	<i>Composición química del cacao fresco y mucilago</i>	9
Tabla 3.	<i>Caracterización de las principales enzimas activas durante la fermentación del cacao</i>	16
Tabla 4.	<i>Factores en estudio del ensayo experimental</i>	28
Tabla 5.	<i>Interacciones de los factores de estudio</i>	28
Tabla 6.	<i>Esquema del experimento con tratamientos, códigos, réplicas y unidades experimentales</i>	29

Tabla 7. <i>Factores en estudio del ensayo experimental</i>	30
Tabla 8. <i>Interacciones de los factores de estudio</i>	30
Tabla 9. <i>Esquema del experimento con tratamientos, códigos, réplicas y unidades experimentales</i>	31
Tabla 10. <i>Materiales</i>	32
Tabla 11. <i>Equipos e Instrumentos</i>	32
Tabla 12. <i>Evaluación de almendras de cacao</i>	34
Tabla 13. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Presencia de Mohos)</i>	90
Tabla 14. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Pizarrosa)</i>	90
Tabla 15. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Baja Fermentación)</i>	90
Tabla 16. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Fermentación buena a ligeramente baja)</i>	90
Tabla 17. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Buena Fermentación)</i>	91
Tabla 18. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Sobre Fermentación)</i>	91
Tabla 19. <i>Análisis de Varianza para % de Testa</i>	91
Tabla 20. <i>Análisis de Varianza para pH de la Testa</i>	92
Tabla 21. <i>Análisis de Varianza para pH del Cotiledón</i>	92
Tabla 22. <i>Análisis de Varianza para Humedad del cacao</i>	92
Tabla 23. <i>Análisis de Varianza para Acidez del cacao</i>	93
Tabla 24. <i>Análisis de Varianza para Porcentaje de ceniza del cacao</i>	93
Tabla 25. <i>Análisis de Varianza para Proteína (H) en el cacao</i>	93
Tabla 26. <i>Análisis de Varianza para Proteína (S) en el cacao</i>	94
Tabla 27. <i>Análisis de Varianza para Porcentaje de grasa (H) en el cacao</i>	94
Tabla 28. <i>Análisis de Varianza para Porcentaje de grasa (S) en el cacao</i>	94
Tabla 29. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Presencia de Mohos)</i>	95
Tabla 30. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Pizarrosa)</i>	95
Tabla 31. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Baja Fermentación)</i>	95
Tabla 32. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Fermentación buena a ligeramente baja)</i>	96
Tabla 33. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Buena Fermentación)</i>	96
Tabla 34. <i>Análisis de Varianza para prueba de corte (Sobre Fermentación)</i>	96
Tabla 35. <i>Análisis de Varianza para % de Testa</i>	97
Tabla 36. <i>Análisis de Varianza para pH de la Testa</i>	97
Tabla 37. <i>Análisis de Varianza para pH del Cotiledón</i>	97

Tabla 38. <i>Análisis de Varianza para Humedad del cacao</i>	98
Tabla 39. <i>Análisis de Varianza para Acidez del cacao</i>	98
Tabla 40. <i>Análisis de Varianza para Porcentaje de ceniza del cacao</i>	98
Tabla 41. <i>Análisis de Varianza para Proteína (H) en el cacao</i>	99
Tabla 42. <i>Análisis de Varianza para Proteína (S) en el cacao</i>	99
Tabla 43. <i>Análisis de Varianza para Porcentaje de grasa (H) en el cacao</i>	99
Tabla 44. <i>Análisis de Varianza para Porcentaje de grasa (S) en el cacao</i>	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Esquema de fermentación del cacao	12
Gráfico 2. Resultado de las medias correspondientes a las variables de fermentación del plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	42
Gráfico 3. Resultado de las medias correspondientes al porcentaje de testa del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	43
Gráfico 4. Resultado de las medias correspondientes al pH de la testa del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	44
Gráfico 5. Resultado de las medias correspondientes al pH del cotiledón del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	45
Gráfico 6. Resultado de las medias correspondientes a la humedad del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	46
Gráfico 7. Resultado de las medias correspondientes a la acidez del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	47
Gráfico 8. Resultado de las medias correspondientes al contenido de cenizas del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	48
Gráfico 9. Resultado de las medias correspondientes al contenido de proteína en muestra húmeda y seca del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	49
Gráfico 10. Resultado de las medias correspondientes al contenido de grasa en muestra húmeda y seca del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	50
Gráfico 11. Resultado de las medias correspondientes a las variables de fermentación del plan experimental de fermentación (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa)	51

Gráfico 12. Resultado de las medias correspondientes al porcentaje de testa del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa).....	52
Gráfico 13. Resultado de las medias correspondientes al pH de la testa del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa).....	53
Gráfico 14. Resultado de las medias correspondientes al pH del cotiledón del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa).....	54
Gráfico 15. Resultado de las medias correspondientes a la humedad del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa)	55
Gráfico 16. Resultado de las medias correspondientes a la acidez del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa)	56
Gráfico 17. Resultado de las medias correspondientes al contenido de cenizas del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa).....	57
Gráfico 18. Resultado de las medias correspondientes al contenido de proteína en muestra húmeda y seca del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa).....	58
Gráfico 19. Resultado de las medias correspondientes al contenido de grasa en muestra húmeda y seca del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa).....	59
Gráfico 20. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica aroma del plan experimental (fermentación con levadura y melaza).....	60
Gráfico 21. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica sabor del plan experimental (fermentación con levadura y melaza).....	61
Gráfico 22. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica amargor del plan experimental (fermentación con levadura y melaza).....	62
Gráfico 23. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica astringencia del plan experimental (fermentación con levadura y melaza).....	63
Gráfico 24. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica aroma del plan experimental (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa)	64
Gráfico 25. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica sabor del plan experimental (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa).....	65

Gráfico 26. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica amargor del plan experimental (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa)	66
Gráfico 27. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica astringencia del plan experimental (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa).....	67

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos de los análisis físicos de los tratamientos del cacao fermentado (Levadura y melaza).....	84
Anexo 2. Datos del análisis de prueba de corte en los tratamientos del cacao fermentado (Levadura y melaza).....	85
Anexo 3. Datos de los análisis químicos de los tratamientos del cacao fermentado (Levadura y melaza).....	86
Anexo 4. Datos de los análisis físicos de los tratamientos del cacao fermentado con enzimas (PPO - Pectinatranseliminasa).....	87
Anexo 5. Datos del análisis de prueba de corte en los tratamientos del cacao fermentado con enzimas (PPO - Pectinatranseliminasa)	88
Anexo 6. Datos de los análisis químicos de los tratamientos del cacao fermentado con enzimas (PPO - Pectinatranseliminasa).....	89
Anexo 7. Resultados de los análisis de varianza para prueba de corte correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	90
Anexo 8. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de Testa correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	91
Anexo 9. Resultados de los análisis de varianza para pH de la Testa correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	92
Anexo 10. Resultados de los análisis de varianza para pH del Cotiledón correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	92
Anexo 11. Resultados de los análisis de varianza para Humedad del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	92
Anexo 12. Resultados de los análisis de varianza para Acidez del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza.....	93
Anexo 13. Resultados de los análisis de varianza para el porcentaje de ceniza del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza	93

Anexo 14. Resultados de los análisis de varianza para el contenido de Proteína (H) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza	93
Anexo 15. Resultados de los análisis de varianza para el contenido de Proteína (S) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza	94
Anexo 16. Resultados de los análisis de varianza para el porcentaje de grasa (H) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza	94
Anexo 17. Resultados de los análisis de varianza para el porcentaje de grasa (S) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza	94
Anexo 18. Resultados de los análisis de varianza para prueba de corte correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa	95
Anexo 19. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de Testa correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa.....	97
Anexo 20. Resultados de los análisis de varianza para pH de la Testa correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa	97
Anexo 21. Resultados de los análisis de varianza para pH del cotiledón correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa	97
Anexo 22. Resultados de los análisis de varianza para Humedad del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa.....	98
Anexo 23. Resultados de los análisis de varianza para acidez del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa	98
Anexo 24. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de ceniza del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa.....	98
Anexo 25. Resultados de los análisis de varianza para Proteína (H) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa.....	99
Anexo 26. Resultados de los análisis de varianza para Proteína (S) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa.....	99
Anexo 27. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de Grasa (H) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa.....	99

Anexo 28. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de Grasa (S) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con polifenol oxidasa y pectinatranseliminasa.....	100
Anexo 29. Fotos del proceso de fermentación (Levadura y melaza)	101
Anexo 30. Fotos del proceso de fermentación con enzimas (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa)	104
Anexo 31. Fotos de los análisis físicos y químicos realizados a los diferentes tratamientos	104
Anexo 32. Fotos del análisis sensorial de los diferentes tratamientos	106
Anexo 33. Instructivo y formato de la ficha de análisis sensorial para chocolate	107

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	Modificación bioquímica de cotiledón de cacao (<i>Theobroma cacao L</i>) en la etapa de postcosecha con la adición de levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) y enzima (<i>Polifenol oxidasa</i>) para mejorar su calidad				
Autor:	Medina Velásquez Dara Evelyn				
Palabras clave:	Cacao	Fermentación	Enzima	Levadura	Análisis
Editorial:	Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2020.				
	<p>RESUMEN: Esta investigación pretendió mejorar las características de calidad de las almendras de cacao para la elaboración de chocolates, a través de la modificación bioquímica del cotiledón en las almendras con la adición de levaduras (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) y enzimas (<i>Polifenol oxidasa - Pectinatranseliminasa</i>) en la etapa de postcosecha, realizando una fermentación con levaduras y otra con la incorporación de enzimas, en dos tiempos 3 y 4 días de fermentación, lo que ayudó a la modificación bioquímica dentro del cotiledón de las almendras del cacao, mejorando sus características físicas, químicas y sus atributos organolépticos.</p> <p>Los resultados obtenidos del diseño experimental con la adición de levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) y melaza en la etapa de postcosecha del cacao, han demostrado la mejora de las características físicas, químicas y sus atributos organolépticos en comparación con el testigo. Debido a que se obtuvieron resultados favorables en los tratamientos T4 (0,125% de levadura x con melaza) y el T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza) en cuanto a los análisis físicos y químicos como: humedad, prueba de corte y acidez. Con respecto al diseño experimental de la adición de porcentajes de enzimas (<i>Polifenol oxidasa</i> y <i>pectinatranseliminasa</i>) se pudo observar en los resultados que no hubo una mejora en la calidad del cacao en cuanto a sus análisis físicos y químicos como: prueba de corte, humedad, acidez, cenizas y proteínas, con respecto al testigo, pero si en el caso del porcentaje de testa, pH de testa y cotiledón.</p> <p>ABSTRACT: This research aimed to improve the quality characteristics of cocoa almonds for the processing of chocolates, through the biochemical modification of cocoa cotyledon in the post-harvest stage, Thus improving the reactions within the cotyledon in almonds with the addition of yeasts (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) and enzymes (polyphenol oxidase - Pectinatransdelerase) in the post-harvest stage, performing a fermentation with yeasts and another with the addition of enzymes, in two times 3 and 4 days of fermentation, this helped to the biochemical modification within the cotyledon of cocoa almonds, improving their physical, chemical characteristics and its organoleptic attributes.</p> <p>The results obtained from the experimental design with the addition of yeast (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) and molasses in the post-harvest stage of cocoa have demonstrated the improvement of physical, chemical and organoleptic characteristics compared with the control. Because favorable results were obtained in T4 treatments (0,125% yeast x molasses) and T6 (0,250% molasses yeast) in terms of physical and chemical analyzes such as: Moisture, cut-off test and acidity. With regard to the experimental design of the addition of enzyme percentages (polyphenol oxidase and pectinatransdelase), it was observed in the results that there was no improvement in cocoa quality in terms of its physical and chemical analyzes such as: Test of cut, moisture, acidity, ashes and proteins, with respect to the control, but if in the case of percentage of testa, pH of testa and cotyledon.</p>				
Descripción:	129 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm				
URI:					

INTRODUCCIÓN

El cacao ha sido por siglos, un elemento presente en la cultura de los pueblos indoamericano pasando desde la prehispanidad hasta los actuales momentos, su desarrollo productivo, uso y consumo a través de los años ha sido referenciado en muchos trabajos de investigación y su importancia comercial radica como la base en la elaboración de chocolates en sus diferentes presentaciones y composiciones a nivel mundial, pasando a ser uno de los productos más comercializados en los países industrializados.

La complejidad del sabor del chocolate depende de muchos factores relacionados con los granos de cacao, tales como: genotipo; condiciones ambientales de crecimiento; manejo postcosecha (pre-acondicionamiento de pulpa, fermentación y secado); y procesos industriales como el tostado, relacionados con la producción de chocolate [1], [2]. El chocolate se asocia típicamente con las siguientes notas de sabor: afrutado, especiado, floral, cacao, acidez, amargor, astringencia, amaderado y algunos sabores desagradables [3]. Los atributos sensoriales, como el sabor y aroma, son factores decisivos para la aceptación del consumidor, ya que proporcionan evidencia de que el atractivo de la sostenibilidad debe asociarse con la percepción de la calidad sensorial del producto [4].

En diversos trabajos de investigación presentados en la literatura reportan que la mejora en la calidad de los parámetros como sabor y aroma en las almendras de cacao, se deben a un adecuado manejo en la etapa de postcosecha. El productor de cacao ha entendido que esta etapa es una de las más indispensable para lograr una mayor competitividad del producto en el mercado. En esta etapa, muere el embrión y ocurren reacciones bioquímicas dentro de los cotiledones dando paso al proceso de fermentación que reducen el sabor astringente y amargo, los cuales son compuestos precursores que reaccionan durante el tostado, otorgándole el sabor y aroma característico a chocolate [5].

El presente trabajo de investigación está enfocado en la modificación bioquímica del cotiledón de la variedad de cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L) en la etapa de postcosecha con la adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzimas (*polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*) con el fin de mejorar su calidad.

CAPÍTULO I.
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Actualmente, el Ecuador es el cuarto exportador mundial de cacao en grano, liderando la variedad de cacao fino de aroma con una participación del 63 % a nivel mundial. Es importante recalcar que aunque aumentó el volumen de exportación los ingresos no aumentaron debido al bajo precio del cacao internacionalmente [6]. Esta calidad de cacao es única en el mundo debido a sus características organolépticas, sin embargo, en las últimas décadas estas características se han visto afectadas debido al inadecuado manejo postcosecha [7], que se realiza al cacao durante el proceso de fermentación, etapa crítica que tiene gran incidencia en la formación de alrededor de 400 compuestos volátiles [8], por ello la falta de esta influye de manera negativa en la calidad sensorial de la almendra de cacao [9].

1.1.2. Diagnóstico.

El productor ecuatoriano por costumbre lleva a cabo un proceso de fermentación tradicional, fermentando el cacao en sacos, por montones o en cajones de madera blanca durante 4 a 5 días, sin embargo, debido al descuidado control que se lleva en este proceso se obtienen almendras de cacao con menor calidad. Generalmente, esto se da por la presencia de contaminantes durante las primeras 24 horas de fermentación, las cuales conllevan al aumento de levaduras indeseadas y a la disminución de enzimas que hidrolizan las pectinas para la posterior disminución del mucílago.

1.1.3. Pronóstico.

Para la mejora del proceso de fermentación del cacao nacional se deben elaborar estrategias que permitan potenciar las características bioquímicas del cotiledón de cacao (acidez, pH, proteína, humedad, entre otras), obteniendo un cacao apetecible para la elaboración de chocolates que presenten incrementos en sus atributos sensoriales como el sabor y aroma, debido a que estos parámetros de calidad son indispensables para lograr mayor competitividad al colocar un producto en el mercado, ya sea nacional o internacional.

1.1.4. Formulación del problema.

- ¿Se podrá mejorar la calidad del cacao al modificar bioquímicamente el cotiledón del mismo con la adición de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y las enzimas (*Polifenol oxidasa - Pectinatranseliminasa*) en la etapa de postcosecha?

1.1.5. Sistematización del problema.

- ¿Cómo se identificará las características físicas de las almendras de cacao presentes dentro del cotiledón después de la postcosecha?
- ¿Se determinará las características químicas de las almendras de cacao presentes dentro del cotiledón después de la postcosecha?
- ¿Podrá establecerse los sabores del cacao después de la fermentación con levadura y enzimas, en la etapa de la industria del chocolate?

1.2. Justificación.

Durante los últimos años el cacao ha sido una de las especies más cultivadas en el Litoral ecuatoriano, convirtiendo al país en el primer exportador de cacao fino de aroma, el cual se da por las características únicas que este posee. Actualmente, los procesos de postcosecha del cacao siguen realizándose artesanalmente con una selección previa de los granos y alcanzando un 56% del índice de fermentación, lo que le ha permitido participar y obtener premios en sus diferentes categorías [5].

Los reportes técnicos e investigativos refieren una variedad de estudios sobre la influencia de las condiciones de fermentación en el desarrollo del aroma y la calidad del cacao en función de su tratamiento postcosecha, en los cuales se ha tratado de identificar, con muy poco éxito, los compuestos que son responsables de otorgar estos sabores y aromas típicos. La presente investigación pretende mejorar las características de calidad de las almendras de cacao para la elaboración de chocolates, mejorando las reacciones bioquímicas ocurridas dentro del cotiledón en las almendras con la adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzimas (*Polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*) en la etapa de postcosecha específicamente en la fermentación, para mejorar sus características físicas, químicas y sus atributos organolépticos.

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

Modificar bioquímicamente el cotiledón del cacao (*Theobroma cacao L*) en la etapa de postcosecha con la adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzimas (*Polifenol oxidasa*) para mejorar la calidad.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Identificar las características físicas de las almendras de cacao, presentes dentro del cotiledón después de la postcosecha.
- Determinar las características químicas de las almendras de cacao, presentes dentro del cotiledón después de la postcosecha.
- Establecer los sabores básicos y específicos del cacao en la etapa de la industria del chocolate.

1.4. Hipótesis.

1.4.1. Hipótesis Nula.

- **Ho:** La levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y una adecuada fermentación no modificarán bioquímicamente las almendras de cacao ni mejorará su calidad física, química y organoléptica.
- **Ho:** La enzima (*Polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*) y una adecuada fermentación no modificarán bioquímicamente las almendras de cacao ni mejorará su calidad física, química y organoléptica.

1.4.2. Hipótesis Alternativa.

- **Ha:** La levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y una adecuada fermentación modificarán bioquímicamente las almendras de cacao para mejorar su calidad física, química y organoléptica.

- **Ha:** La enzima (*Polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*) y una adecuada fermentación modificará bioquímicamente las almendras de cacao mejorando su calidad física, química y organoléptica.

1.5. Variables de estudio.

1.5.1. Variable independiente.

- Enzimas: *Polifenoloxidasa* y *Pectinatranseliminasa*
- Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)

1.5.2. Variable dependiente.

- Fermentación

CAPÍTULO II.
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Teórico.

2.1.1. Cacao.

La palabra cacao, de acuerdo a la lengua maya, “cac” quiere decir “rojo” (en referencia al color de la cáscara del fruto) y “cau” que expresa las ideas de “fuerza” y “fuego” [9]. El nombre científico del cacao es “*Theobroma cacao* L.” (la “L” es la inicial del apellido del naturalista sueco que clasificó la planta C. Linneo). El cacao pertenece al género *Theobroma* que en griego significa “alimento de los dioses” de la familia de las bitneriáceas. Los granos tienen sabores amargos y astringentes [5].

Se ha referido que los principales factores ambientales en el cultivo de cacao requiere una temperatura de 24 a 26 °C, con precipitación promedio de 1150 mm, 2500 mm, 70 a 85 % de humedad, un viento Máx de 5 m/s, suelos profundos de 0,8 a 1,5 m, de textura francos, francos limosa o franco arcillosa, con una topografía plana hasta 30 % de pendiente, con materia orgánica del 3 al 5 % y un pH de 6,0 a 7,0 [10]. Entre las principales características del cacao se puede enunciar que es antidepresivo, fortalece el corazón [6].

2.1.1.1. Historia del cacao.

Se ha referido que desde hace más de 2500 años el cacao ya era cultivado por los Mayas y muy utilizado por los Aztecas. Cuando los españoles llegaron a América utilizaron los granos de cacao como moneda hasta después de la colonización de los españoles. En el siglo XVI la élite aristocrática lo utilizó como bebida (chocolate) y estimulante, por lo que su uso se extiende por toda Europa. En el siglo XIX adquirió popularidad con la industria chocolatera y se separa la parte aceitosa de la pasta de cacao (la manteca de cacao) para obtener el polvo seco y soluble en agua o leche (cacao en polvo). En el año 1840, el suizo Rudolf Lindt obtiene un chocolate más dulce que es el que usamos actualmente, en 1875 el suizo Daniel Peter descubre un nuevo método de condensación de leche, y en 1905, el suizo Henry Nestlé aplica al chocolate, naciendo entonces el famoso chocolate con leche, empezando así una industria mundial [9].

2.1.1.2. Morfología del cacao.

El cacao, es una planta que proviene de semilla y produce un tallo erecto, el cual puede llegar a medir de 1,0 a 1,5 m de altura, del cual emergen las ramas en número de 3 a 5 con

un crecimiento horizontal formando el llamado abanico u horqueta [11]. El fruto está compuesto por un epicarpio, que se forma de una epidermis de células gruesas y de abundantes tejidos de parénquima; el mesocarpio el cual es muy angosto, formado de parénquima con numerosos canales de mucílago, en este se observa que existen cinco haces vasculares principales y cinco secundarios que corresponden a las costillas del fruto, y que se ramifican profusamente; y el endocarpio, el mismo que es delgado, parenquimatoso y de paredes internas duras y brillantes [12].

2.1.1.3. Composición química del cacao.

La composición química depende de: tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación, secado y procesamiento de los granos [5]. El grano de cacao es fuente de proteína, grasa y fibra; de estas la grasa es rica en ácido esteárico, además contiene minerales como potasio, magnesio y fosforo, minerales primordiales en la salud humana, y sustancias como flavonoides, los cuales tienen alta capacidad antioxidante, estos granos se aprovechan para elaborar el chocolate y otros subproductos como manteca, grasa, aceite, cacao en polvo y licor de cacao [7].

Tabla 1. Composición química del cacao fresco y mucilago

Composición química del cotiledón de cacao fresco		Composición química del mucilago de cacao	
Componente	%	Componente	%
Proteína	11,5	Proteína	0,09 a 0,11
Sales minerales	2,6	Cenizas	0,40 a 0,50
Ácidos orgánicos y aromas	9,5	Ácido cítrico	0,77 a 1,52
Ácidos tánicos y color	6,0	Pectinas	0,90 a 1,19
Celulosa	9,0	Glucosa	11,60 a 15,32
Azúcares	2,5	Azúcares	12,50 a 15,90
Agua	32,5	Agua	79,20 a 84,20
Grasa	54,0		
Cafeína	1,0		

Fuente: [13]

2.1.1.4. El “Cacao Fino de Aroma” o “Cacao Arriba”.

Según The International Cocoa Organization (ICCO), el cacao fino de aroma es una clasificación que describe a un tipo de cacao con almendras que gozan de un alto potencial aromático y bajo contenido de taninos, distinguido en aroma y sabor [13], también es

conocido como Nacional, que es un genotipo nativo de Ecuador definido como cacao fino de aroma [14], cuyo color característico es el amarillo, posee un aroma y sabor único, siendo esencial para la producción del exquisito chocolate gourmet apetezido a nivel mundial [9]. El estudio molecular concluyó que el cacao Nacional presenta características genéticas y organolépticas diferente a los genotipos Forastero, Criollo y Trinitario [7].

2.1.1.5. Factores que influyen en el sabor característico del cacao ecuatoriano.

El sabor a cacao sostiene la industria mundial de productos derivados de cacao y chocolates, estos granos fermentados y secos desarrollan precursores químicos que mediante la torrefacción se transforman en el sabor y aroma típico del cacao, sin embargo, la acidez, amargor y astringencia son otros sabores básicos del perfil sensorial de la pasta de cacao, la cual también puede incluir notas aromáticas complementarias como floral, frutal, nuez, malta, etc., que enriquecen las características sensoriales de los cacaos finos de aroma [15].

2.1.1.6. Exportación de cacao.

El Ecuador, posee gran ventaja competitiva en la producción de cacao arriba de la más alta calidad y el producto que más se exporta es el grano de cacao [16]. Es el cuarto exportador mundial de cacao en grano y lidera la producción de la variedad de cacao fino de aroma con una participación del 63 % a nivel mundial. La Unión Europea y Estados Unidos constituyen los principales destinos de exportación [6].

Durante el 2015, Las Américas representaron la primera región de destino para las exportaciones totales de cacao, equivalente al 54 % de la participación. El viejo continente europeo ocupó el 29 % de los envíos, seguidos por el emergente continente asiático con un creciente 17 %. Sudáfrica representó un 0,02 % mientras Australia representó un 0,1 % [17]. En el 2016, el sector del cacao exportó 253,02 millones de toneladas métricas, valor inferior al del 2015, en el 2017 las cifras fueron alentadoras ya que a diciembre 2017 se cubrió un 12,2 % de las exportaciones en toneladas del 2016. Ecuador en el 2017 exportó la mayor parte de cacao a Estados Unidos, seguido de Holanda. En promedio las exportaciones cubren un 22 % las importaciones dando una balanza siempre positiva [6].

2.1.1.7. Industria del chocolate.

La mayor concentración de empresas dedicadas al cultivo de cacao se encuentra en Guayas, Pichincha y El Oro, en 2016 habían registradas 66 empresas, las cuales proveen empleo a 561 personas. Entre el 2013 y 2016 la producción y la superficie cosechada aumentaron en 38 % y 13 % respectivamente. En el año 2016 se obtuvo una producción de 0,18 Millones de Tm y un rendimiento de 0,39 (Tm/ha), inferior a los años 2014 y 2015 con 0,42 Tm/ha. El precio productor a enero del 2018 se reportó en \$ 705 por tonelada a nivel nacional y de \$ 2123 por tonelada a nivel internacional. Refiriéndose un valor aproximado de \$ 2590 por toneladas para el año 2025 [6].

De acuerdo al tamaño de las empresas dedicadas a la industria chocolatera, existen 18 microempresas, 4 grandes, 5 medianas y 5 pequeñas, que sustentan a 470 empleados. Estas empresas, el 60 % se encuentra en Pichincha, el 34 % en Guayas, el 3 % en Loja y el 3 % en Azuay. Para los años 2013-2016 se ha informado que los activos y patrimonio de la elaboración de cacao y chocolate, evidencian un crecimiento en el periodo del 5 % y 22 % respectivamente, al contrario del pasivo que disminuyó en 5%. Se evidencia un crecimiento de los ingresos, costos y utilidad en un 13 %, 12 % y 69 % respectivamente [6].

2.1.2. Manejo postcosecha del cacao.

Las mazorcas maduras se identifican por cambios en su coloración que varía dependiendo del tipo o variedad de cacao. La cosecha de cacao consiste en la recolección de mazorcas maduras y sanas. Usualmente se realiza con intervalos de 15 días para obtener un producto uniforme. Se extraen los granos con los dedos dejando la placenta pegada a la mazorca y se eliminan pedazos de corteza, hojas, mezclados con los granos [9].

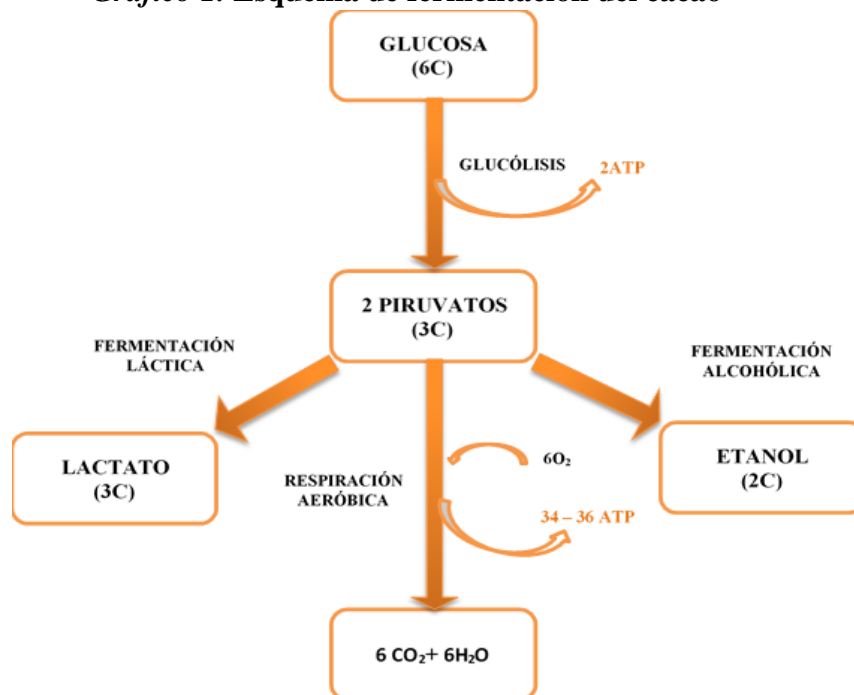
2.1.2.1. Fermentación.

La fermentación es uno de los procesos que incrementa la calidad de la clase de cacao para hacer chocolate, ya que en éste proceso, es donde muere el embrión y se generan reacciones bioquímicas dentro de los cotiledones; reduciendo el sabor astringente y amargo, generando compuestos precursores que reaccionarán durante el tostado para formar el sabor a chocolate, “no hay sabor a chocolate en almendras sin fermentar” [5]. La

almendra de cacao se mantiene estéril dentro de las vainas y una vez abierta entra en contacto con los microorganismos del ambiente: bacterias ácido lácticas (BAL) y bacterias ácido acético (BAA) presentes en los utensilios y las manos del trabajador que manipula el cacao, que la contaminan e inician el proceso de fermentación natural. Se ha recomendado que después de abrir las mazorcas, los granos deben fermentarse antes de 24 horas y no se debe mezclar granos procedentes de mazorcas abiertas en diferentes días [9].

El proceso fermentativo del cacao se lleva a cabo en 3 fases [18], los cuales se describen a continuación:

Gráfico 1. Esquema de fermentación del cacao



Fuente: [5]

Primera etapa. Fermentación alcohólica: esta etapa es iniciada luego de la apertura de las mazorcas por levaduras anaeróbicas que actúan durante las primeras 48 horas y atacan los azúcares de la pulpa para convertirlos en alcohol. Para ello, se requiere condiciones de baja tensión de oxígeno, alto contenido de azúcares y temperaturas ambientales medias o altas. Por ello, es necesario apilar el cacao fresco en recipientes ya que el volumen de la masa de cacao fresco restringe el movimiento de aire y se conserva la temperatura. Si bien se considera que esta etapa se cumple en condiciones anaerobias (falta de oxígeno), la ausencia total de oxígeno puede conducir a la formación de una mayor cantidad de ácido láctico y butírico que la deseada, desmejorando el sabor final del grano. En esta etapa se advierte claramente cómo la pulpa se va reduciendo al liberar gran cantidad de líquidos que deben escurrir libremente.

Una primera recomendación general es la de hacer el primer volteo cuando se alcanza la temperatura de 45° C, idealmente dentro de las primeras 48 horas de fermentación. La razón es que aproximadamente a esta temperatura la fermentación anaerobia llega a su máximo nivel; los microorganismos aerobios empiezan entonces a predominar consumiendo más rápido el oxígeno disponible en el aire atrapado en la masa de fermentación, generándose así CO₂ y calor como producto de su metabolismo. Pero tal disponibilidad de oxígeno se empieza agotar, de ahí que el incremento de temperatura se haga más lento.

Si se controlan debidamente todas las variables de entrada al proceso y las relacionadas con el primer volteo, el monitoreo de la temperatura se debe continuar efectuando cada 24 horas a fin de obtener la información necesaria para tomar la decisión de efectuar los siguientes volteos.

Resumiendo, en esta etapa sucede lo siguiente:

- Primeras 48 horas.
- El azúcar se transforma en alcohol (etanol) por acción de las levaduras.
- Se descompone la estructura de la pulpa, la cual libera líquidos que deben escurrir.
- La fermentación libera agua, CO₂ y genera un aumento de temperatura aproximadamente hasta los 45 °C, si las condiciones del recipiente y la temperatura ambiental son adecuadas.
- El pH inicial de la pulpa (menor de 4.5) favorece la prevalencia de las levaduras y empieza a subir lentamente mientras se desarrolla esta etapa.

Segunda etapa. Fermentación acética: a medida que se va formando el alcohol por la fermentación del azúcar y aumentan la temperatura y el pH, empiezan a predominar las bacterias acéticas que utilizan el alcohol para hacer una fermentación en condiciones aeróbicas (presencia de oxígeno). Como resultado de esta segunda fermentación se incrementa la concentración de ácido acético, lo que da lugar al particular olor a vinagre. El ácido acético atraviesa la cáscara de la semilla actuando con los compuestos en su interior, especialmente con los polifenoles, caracterizados por su color violeta y por la astringencia y amargor en el gusto. Resumiendo, en esta etapa sucede lo siguiente:

- Entre las 48 horas y 96 horas (día 2 hasta el día 4 aproximadamente).
- El alcohol se transforma en ácido acético por acción de bacterias.
- El ácido acético penetra las semillas hasta su interior, disminuyendo el pH interno casi hasta 4,5.

- La temperatura ideal se debe mantener día y noche entre los 48 y 51 °C.
- Las bacterias consumen oxígeno a gran velocidad, por lo cual es necesario hacer las remociones para que entre aire fresco y se libere el CO₂ acumulado.
- Con las remociones también se volatiliza parte del ácido acético, con lo que mejora el sabor del cacao.
- El pH de la pulpa aumenta hasta acercarse al valor de 6.
- Los granos se hinchan por la entrada de la solución de ácido acético.
- Los granos empiezan a cambiar en su interior desde los bordes hacia adentro, y disminuye la intensidad del color violeta, que se torna marrón.
- Se van formando surcos en el interior del grano y cambia la textura totalmente plana.

Tercera etapa. Oxidación: en esta etapa la humedad libre disminuye sensiblemente y mejoran las condiciones generales de aireación, lo que genera una diferencia de concentración de ácido acético entre las partes interna y externa de la semilla. En este punto disminuye la fermentación acética dado que no se encuentra más alcohol para transformar, y el interior del grano se sigue modificando física y bioquímicamente, especialmente por la degradación de los polifenoles (disminuye la astringencia), menos color violeta (degradación de antocianinas), disminución de los alcaloides (disminuye el amargor), síntesis de quinonas (formación coloración marrón). Resumiendo, en esta etapa sucede lo siguiente:

- Entre las 96 horas hasta determinar el fin de la fermentación (día 4 en adelante).
- El ácido acético empieza a salir del interior del grano, por lo cual su pH interno empieza a subir. La temperatura se debe mantener día y noche entre los 48 y 51 °C.
- Las bacterias siguen consumiendo oxígeno a gran velocidad, de ahí que sea necesario hacer las remociones con el fin de que entre aire fresco y se libere el CO₂ acumulado.
- Con las remociones también se volatiliza parte del ácido acético, lo que mejora el sabor final del cacao.
- El pH de la pulpa residual va aumentando acercándose al valor de 7.
- Los granos siguen cambiando en su interior y predomina el color marrón desde el borde hasta el centro.
- Se profundizan los surcos en el interior del grano.
- Al cortar el grano se encuentra, entre la cáscara y la almendra, un líquido viscoso de color rojizo.

2.1.2.2. Métodos de fermentación.

- **Fermentación en Montón:** en este sistema, se coloca sobre el piso una capa de hojas de plátano o esteras construidas con materiales vegetales secos, que facilita el drenaje del exudado. Los granos se colocan sobre las hojas formando rumas que se cubren con el mismo tipo de hojas. Las remociones se efectuarán a intervalos de 48, 72 y 96 horas, para tener un cacao bien fermentado (por encima del 90 %) [19].
- **Fermentación en Cajón:** para este tipo de fermentación se colocan las almendras frescas dentro de cajones fermentadores por un período de 5 días. La altura de la masa de almendras debe ser nivelada uniformemente y cubrir los cajones con hojas de plátano o costales de yute, a fin de mantener la humedad y conservar el calor desprendido por la fermentación. La capa de granos frescos no debe superar los 70 centímetros, ya que se corre el riesgo que se compacten, se reduzca la aireación de los granos y se dificulte el volteo.
- **Fermentación en Sacos:** la fermentación también se efectúa en costales de polietileno o yute, donde se colocan las almendras, se cierran y se los deja fermentando en el piso. Se los puede colgar para que tengan mejor aireación. No es muy recomendable debido a que las almendras presentan un elevado porcentaje de granos violáceos y pizarrosos porque la aireación es muy pobre y la humedad alta.
- **Fermentación en Tambor Rotatorio:** se trata de un tambor usado en otros procesos, al que se le han hecho modificaciones como: Sistema de remoción interna, usando un eje con paletas y sistema de frenado, para la carga y descarga. Permite fermentar hasta 250 kg de cacao, que es aproximadamente la producción de una hectárea de cacao [19].

2.1.2.3. Factores que influyen en el proceso fermentativo del cacao

Existen diversos factores que influyen en este proceso, entre ellos tenemos: madurez de las mazorcas, almacenamiento de las mazorcas, cantidad de granos, cantidad de pulpa, tipo de cacao, duración de la fermentación y efectos climáticos, no obstante, hay factores aún más importantes [19], entre los cuales tenemos:

- **Microorganismos:** la fermentación se subdivide en tres fases, durante la primera fase actúan las levaduras, en la segunda se desarrollan las bacterias lácticas y en la tercera las bacterias acéticas. Al realizar la extracción los granos de cacao, se encuentran

estériles, pero son colonizados por una gran variedad de microorganismos provenientes de la misma vaina, de las manos de los manipuladores, de los insectos, de los recipientes usados para el transporte, etc. En el proceso de fermentación de las semillas del cacao los microorganismos juegan un papel importante.

- **Temperatura:** la fermentación debe realizarse en un sitio caliente que favorezca el aumento de la temperatura, lejos del recorrido del viento para evitar que la misma descienda y que las partículas que puedan venir en el viento no contaminen la fermentación garantizando un proceso de fermentación completo y parejo. Para lo cual se puede construir una estructura que proteja al contenedor, de la incidencia directa de los rayos del sol, para evitar que la luz ultravioleta mate a los microorganismos beneficiosos. También se debe evitar que la lluvia llegue a los recipientes fermentadores, dado que la temperatura descendería matando a los microorganismos responsables de los diferentes tipos de fermentación y proporcionaría además humedad innecesaria, ya que la misma es provista por el mucílago de los granos de cacao.
- **Remoción o Volteo:** el proceso de volteo tiene el efecto inmediato de enfriamiento, liberación de CO₂ y aumento de la aireación y por consiguiente de la actividad de las bacterias acéticas. El fin de esta actividad es asegurar el grado de fermentación uniforme. El volteo debe empezar a las 48 horas de iniciada la fermentación, luego se lo hará cada 24 horas, es decir, una vez al día durante los 2 o 3 días restantes dependiendo del tipo cacao fermentado, pero siempre a la misma hora.

2.1.2.4. Enzimas presentes en el cacao durante la fermentación.

Cada enzima cumple una acción específica que ayudara al desarrollo de sabores y precursores de aromas.

Tabla 2. Caracterización de las principales enzimas activas durante la fermentación del cacao

ENZIMA	LOCALIZACIÓN	SUSTRATO	PRODUCTO	pH	°C
Invertasa	Semilla, Testa	Sacarosa	Glucosa, fructosa	4 – 5,2	52
Proteasas	Semillas, cotiledones, fragmentos	Proteínas	Péptidos, aminoácidos	4,7	55
Polifenoloxidasas	Semilla, cotiledones	Polifenoles (epicatequina)	o-quinonas, o-diquinonas	6	34,5

Fuente: [20]

Según estudios todas estas enzimas se encuentran en la almendra de cacao, pero debido al aumento de temperatura y elevación de acidez, existe una pérdida considerable de éstas [21].

2.1.2.5. Adición de enzimas durante la fermentación.

Se ha demostrado que el uso de enzimas con características proteolíticas durante el proceso de fermentación ayuda a un aumento significativo de los aminoácidos libres en el grano de cacao en relación con muestras de cacao sin adición de enzima durante la fermentación, promoviendo una significativa mejora del sabor [22].

Las *polifenoloxidasas* que se encuentran en las frutas son las responsables de las reacciones de pardeamiento enzimático (oxidación) que ocurren durante el almacenamiento, manipulación y procesamiento de las mismas; estas enzimas, también conocidas como tirosinasas, fenoloxidasas, monofenoloxidasas o cresolasas, catalizan la hidroxilación de monofenoles a ortodifenoles, posteriormente oxidados a ortoquinonas, las cuales se polimerizan dando lugar a pigmentos que presentan color marrón, rojo o negro, dependiendo de los componentes naturales presentes en los tejidos vegetales, modificando las características organolépticas y nutricionales del alimento, depreciando su calidad, sin embargo estas reacciones ocasionalmente pueden ser aprovechadas para modificar las características de otros alimentos [22].

La *pectinatranseliminasa* es una enzima pectolítica muy concentrada, diseñada especialmente para la eliminación del mucílago del café, se produce a partir del microorganismo *Aspergillus*, esta disminuye notablemente el tiempo de fermentación de un máximo de 18 h a un máximo de 30 min., debido a una rápida degradación o eliminación del mucílago, como no ocurre una fermentación descontrolada, no hay formación de ácidos y de componentes de aromas negativos, por lo tanto se obtiene una calidad alta del grano de café [23]

2.1.2.6. Selección y clasificación de las almendras de cacao fermentadas.

Una vez culminado el proceso de secado, hay que someter los granos a una minuciosa limpieza eliminando todos los materiales extraños mezclados con ellos (pedazos de corteza, placenta, etc.), granos negros, mohosos, dañados por insectos, quebrados,

arrugados, pegados, pedazos de cascarilla y polvo. Normalmente se emplean tamices que permiten hacer la separación y ventiladores para soplar el polvo y pedazos de cascarilla y cuando sea necesario, el grano se pasa por zarandas o tamices específicos para separar el cacao de primera calidad de la “pasilla” (granos con menos del 50 % de almendra) [9].

Cabe mencionar que esta selección y clasificación se realiza bajo la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 176, 2006) Cacao en grano-Requisitos de calidad, la misma tiene como objetivo establecer los requisitos de calidad que debe cumplir el cacao en grano beneficiado y los criterios que deben aplicarse para su clasificación, la misma se aplica al cacao beneficiado, destinado para fines de comercialización interna y externa. Entre sus requisitos de calidad, para la clasificación de granos de cacao [9], tenemos:

- **Grano mohoso:** grano que ha sufrido deterioro parcial o total en su estructura interna debido a la acción de hongos, determinado mediante prueba de corte.
- **Grano pizarroso (pastoso):** es un grano sin fermentar, que, al ser cortado longitudinalmente, presenta en su interior un color gris negruzco o verdoso y de aspecto compacto.
- **Grano violeta:** grano cuyos cotiledones presentan un color violeta intenso, debido al mal manejo durante el beneficiado.
- **Grano ligeramente fermentado:** grano cuyos cotiledones ligeramente estriados presentan un color ligeramente violeta, debido al mal manejo durante el beneficiado.
- **Grano de buena fermentación:** grano fermentado cuyos cotiledones presentan en su totalidad una coloración marrón o marrón rojiza y estrías de fermentación profunda [9].

2.1.2.7. Empaque y almacenamiento.

Una vez que las almendras estén limpias, clasificadas, secas y hayan alcanzado un porcentaje de humedad entre 6 a 7 %, éstas, se empaquetan en sacos o costales de fique o yute nuevos o en perfecto estado, que no se hayan empleado antes para empaquetar productos con olores penetrantes. Con respecto a su almacenamiento, se los debe colocar en bodegas adecuadas y seguras ya que las almendras que no hayan tenido un buen proceso de secado estarán propensas a la proliferación de mohos y a infestarse de insectos, es por ellos que lo más aconsejable es comercializar el grano inmediatamente después de su empaque en los mercados locales o en las agencias directas de los fabricantes [9].

2.2. Marco Conceptual.

Se consideran los conceptos más utilizados durante el desarrollo de la investigación, lo que permite una comprensión más adecuada del contenido.

2.2.1. Cacao.

Corresponde a los granos o las semillas del árbol *Theobroma cacao*. Cada semilla consta de dos cotiledones y una planta pequeña embrional, todos dentro de una piel (la cáscara). Los cotiledones almacenan el alimento para la planta en desarrollo y se convierten en las dos primeras hojas de la planta cuando la semilla germina [24].

2.2.2. Cacao nacional.

También conocido como Fino y de Aroma. Es el producto tradicional y simbólico del Ecuador. Por sus aromas y sabores frutales y florales, se volvió afamado entre los extranjeros. Por su organolepsia tiene un valor agregado que es reconocido por la industria de la confitería [25].

2.2.3. Fisiología postcosecha.

Es la ciencia que estudia los procesos, cambios o comportamientos que presenta una fruta o una hortaliza después de cosechada o retirada de la planta madre; por esta razón es de especial interés el conocimiento de aspectos relacionados con la vida de estos productos en las etapas posteriores a la cosecha [26].

2.2.4. Fermentación.

Consiste en amontonar los granos durante varios días con el fin de que los microorganismos descompongan el mucílago (la pulpa blanca y azucarada que envuelve los granos), aumente la temperatura para producir la muerte del germen o embrión y se inicien los cambios bioquímicos y las reacciones enzimáticas en el interior de las almendras, que van a ser los responsables de la formación de los compuestos precursores del sabor a chocolate. Este proceso, facilita además el secado de los granos [27].

2.2.5. Fermentación anaeróbica y aeróbica.

La fermentación la realiza una sucesión de microorganismos (levaduras, bacterias ácido lácticas y bacterias ácido acéticas), que comienza en condiciones anaeróbicas (sin presencia de oxígeno) y termina en condiciones aeróbicas (en presencia de oxígeno) [27].

2.2.6. Levadura *S. Cerevisiae*.

Es uno de los microorganismos más utilizado ampliamente por el hombre a través del tiempo; aunque no se tuviera, en un principio, conciencia plena de la participación del microorganismo en la elaboración de diversos alimentos como el pan o las bebidas alcohólicas [28].

2.2.7. Enzimas.

Una enzima es una proteína que actúa como catalizador biológico, llevando a cabo reacciones bioquímicas a muy altas velocidades, no se consume durante la reacción y en general presenta un elevado grado de especificidad [29].

2.2.8. Enzima PPOs.

Las polifenol oxidasas (PPOs) son enzimas ubicuas que catalizan la reacción dependiente de oxígeno que transforma o-difenoles en o-quinonas. Estas quinonas son reactivas y capaces de modificar covalentemente un amplio abanico de especies nucleófilas, del interior de las células, que conduce a la formación de polímeros marrones, conocido como pardeamiento enzimático [30].

2.2.9. Enzima Pectinatraneliminasa.

La pectinatraneliminasa es una enzima pectolítica muy concentrada, diseñada especialmente para la eliminación del mucílago del café, es un producto líquido de color ámbar y olor aromático[23].

2.2.10. Volteado.

Es el proceso mediante el cual se da vueltas o revuelve la masa de cacao para promover la fermentación. Se debe realizar considerando las curvas de temperatura, masa del producto y perfil que se desea obtener. Al iniciar el proceso de la muerte del cotiledón es cuando el grano emite todo el potencial; considero que es justo en estos momentos cuando más expuesto está el grano para absorber otras levaduras o azúcares [25].

2.2.11. Temperatura.

La temperatura es una magnitud física del elemento que pondera las nociones habituales de calor y frío, a su vez es esencial para obtener una buena calidad del cacao en la postcosecha [26].

2.2.12. Secado natural.

Es el secado que se realiza normalmente al sol sobre plataformas de madera. Para que el proceso sea uniforme, el primer día los granos se deben revolver con poca frecuencia y en los días siguientes con mayor frecuencia hasta terminar el proceso. La mejor señal de que el secado ha terminado es el resquebrajamiento o crujido que se siente al apretar un puñado de los granos en las primeras horas de la mañana. Al terminar el secado, en el interior de los granos se desarrolla la estructura arriñonada y el color pardo típico del cacao bien beneficiado [27].

2.3. Marco referencial.

2.3.1. Efecto de la enzima pectolítica y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación y calidad del cacao var. criollo (*Theobroma cacao L.*).

La enzima pectolítica actúa en la fermentación del cacao con mucilago (baba) degradando la pectina, liberando los granos de mucílago que rodean cada cotiledón. Los resultados obtuvieron que los tratamientos con suplementos de enzimas pectolíticas al comienzo de la fermentación mejoran la calidad sensorial del cacao como el tratamiento E2: 80,33 puntos de calificación, que clasifica como cacao fino especial, el tratamiento E1 obtiene 77,33 puntos calificados como cacao especial, en relación con el tratamiento de control que obtiene 75,67 puntos. A su vez, reduce el tiempo de fermentación (132 horas), en relación con el control y otros tratamientos (144 horas). Las pruebas sensoriales identificaron que la fermentación con la adición de la enzima polifenol oxidasa (PPO), obtuvo los mejores resultados en el perfil sensorial, el sabor floral, afrutado y a nuez [31].

La actualización de la enzima pectinolítica en la fermentación mejora la calidad sensorial de cacao. Los estudios son importantes para mejorar la calidad del cacao en la etapa de fermentación, ya que beneficia a los productores de cacao, acceso a mejores mercados y mejores precios, lo que afecta la mejor calidad de vida del cacao [31].

2.3.2. Mejoramiento de las características físico-químicas y sensoriales del cacao CCN51 a través de la adición de una enzima y levadura durante el proceso de fermentación.

La calidad del cacao radica principalmente en la etapa de postcosecha, tiempo en el cual las almendras de cacao son tratadas en condiciones adecuadas con el fin de cumplir una serie de transformaciones bioquímicas que favorecen la calidad organoléptica (aroma y sabor). La fermentación del cacao es una operación indispensable, en la cual la pulpa que envuelve las semillas son metabolizadas por microorganismos que producen compuestos como el etanol y ácido acético los cuales promueven cambios fisicoquímicos importantes en las almendras [32].

2.3.3. “Mejoramiento del sistema de calidad del cacao fino de aroma en el proceso de postcosecha de la región Tumbes”.

Los frutos en condiciones ambientales de la región Tumbes pueden mantener una durabilidad óptima hasta tres días después de la cosecha. Al abrir el fruto el mucílago aún conserva la dulzura y acidez característica; mientras que al quinto día el mucílago ha cambiado su sabor y contenido de humedad e incluso se encuentran sabores acéticos. Los frutos abiertos al octavo y doceavo día presentan el mucílago en proceso de fermentación y hongos en su interior. Las almendras provenientes de frutos verdes, pintones y maduros sí fermentan, sin embargo su diferencia es que en los frutos verdes se encuentran más porcentaje de almendras sin fermentar y medianamente fermentados, además que al catar los licores provenientes de estos frutos son amargos y astringentes, mientras que en los licores de frutos pintones se aprecian características organolépticas favorables (cítrico, nuez, malta) con poca duración, desaparecen rápidamente prevaleciendo el sabor a propio de los cacaos planos o comunes (sabor amargo chocolate). En los licores provenientes de frutos maduros prevalecen los sabores a cítrico, frutas frescas y secas, miel, panela y agridulces. Lo expuesto en líneas anteriores puede ser un indicativo que la región Tumbes tiene un buen potencial genético y clima apropiado que aporta a las características organolépticas favorables del cacao [33].

Los resultados en el sistema de fermentación refieren que el tiempo de fermentación está influenciado por la apertura de frutos después de la cosecha, aquellos que se abrieron a más días después de la cosecha disminuyeron su tiempo de fermentación, sin embargo, el porcentaje de fermentación fue influenciado por la interacción apertura de fruto y tipo de módulo (cerrado y abierto). Los que conservaron mejor sus buenas características organolépticas (sabor agridulce, cítrico, nuez y malta) e inclusive en la etapa de validación fueron aquellos que se abrieron sus frutos al primer y tercer día, fermentados en módulos cerrados, con la primera remoción a las 48 horas y tiempo de secado mayor de 6 días [33].

2.3.4. Adición de enzimas y levaduras sobre los cambios químicos y organolépticos del cacao (*Theobroma cacao L.*) clon CCN-51.

Las levaduras tienen su papel protagónico en muchos procesos tecnológicos e industriales, dentro de las cuales intervienen un gran número de especies a lo largo de todo el proceso fermentativo independientemente del sustrato en el que se hallen, donde resaltan las del

género *Saccharomyces*, y en particular *Saccharomyces cerevisiae*, puesto que, conforme avanza el conocimiento sobre los procesos fermentativos, a través de la funcionalidad de sus levaduras y su posible control biotecnológico, han surgido nuevas líneas de investigación aplicada que pretenden mantener, en una escala de trabajo industrial, el equilibrio biológico inherente a la naturaleza del proceso de fermentación, todo aquello mediante un exhaustivo conocimiento de sus bases fisiológicas y bioquímicas [34].

2.3.5. Fermentación de cacao (*Theobroma cacao L*) variedad CCN-51 inoculando *Acetobacter*.

En cuanto se refiere al sabor del cacao, su principal desventaja es el de no poseer “sabor arriba” ni buen sabor a chocolate (acidez, astringente y otros). El sabor de chocolate se inicia en la fermentación donde las almendras sufren cambios internos que se manifiestan por pérdida de astringencia y el color que se torna gradualmente marrón, finalizada la etapa de una correcta fermentación se procede a un secado, para luego ser tostadas las almendras donde el cambio más importante en esta etapa se le conoce como “Precursor del sabor a chocolate”. Es por ello que se usó la *Acetobacter* en el proceso fermentativo ya que estos soportan valores bajos de pH, oxidan el etanol a ácido acético y conjuntamente con la temperatura y tiempos adecuados nos permitirá dar una muerte rápida al embrión produciéndose así las reacciones enzimáticas con sus respectivas transformaciones bioquímicas [35].

CAPÍTULO III.
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La investigación se realizó tomando muestras correspondientes al Cantón Quevedo y al Cantón Buena Fe, pertenecientes a la provincia de “Los Ríos” el cual caracteriza por un clima tropical monzón caluroso, cuyas temperaturas oscilan entre 24 a 25 °C, con una estación seca entre junio y noviembre.

La enzima *Polifenol Oxidasa* de frutos rojos es proveniente de España y la enzima *Pectinatranseliminasa* fue preparada en la ciudad de Guayaquil.

Los análisis físicos y químicos del presente proyecto de investigación se realizaron en los Laboratorios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo ubicada en la Provincia de los Ríos y, de la Universidad Tecnológica Equinoccial (UTE) ubicada en Santo Domingo de Los Tsáchilas.

3.2. Tipo de investigación.

3.2.1. Experimental.

En el presente trabajo de investigación se aplicó 2 arreglos factoriales AxB. El primer arreglo factorial consiste en la fermentación de cacao con levadura y melaza, con cuatro niveles en el factor A (%Levadura) y dos niveles en el factor B (Melaza). El segundo arreglo factorial AxB, consiste en la fermentación de cacao con dos enzimas (Polifenol oxidasa - Pectinatranseliminasa), con dos niveles en el factor A (Tipos de Enzimas) y 3 niveles en el factor B (% de enzima). Para determinar los efectos en cada uno de los tratamientos se utilizó la prueba de TUKEY aplicando el software estadístico InfoStat.

3.2.2. Bibliográfica.

La redacción bibliográfica de esta investigación se obtuvo de fuentes secundarias como: (revistas científicas, libros, patentes, entre otros), con el objetivo de respaldar esta investigación con fuentes reales.

3.2.3. Analítica.

Comprende explicación de los valores obtenidos correspondientes a los análisis realizados, definiendo las propiedades óptimas para la mejora de la calidad de la almendra de cacao

fermentada y a su vez identificando la calidad del producto final mediante la elaboración de barras chocolates.

3.3. Metodología de la investigación.

3.3.1. Método inductivo.

Mediante este método se realizó la aplicación del proceso de fermentación, análisis y comparaciones de cada uno de los factores utilizados durante la fermentación del cacao nacional, que permitieron obtener conclusiones específicas de la investigación diseñada.

3.3.2. Método deductivo.

Se basó en fundamentos correspondientes a diferentes normas para la obtención de resultados de análisis de laboratorio, los cuales son fundamentales en la calidad final del cacao fermentado.

3.4. Planteamiento del diseño experimental de la investigación.

3.4.1. Plan experimental para la fermentación con levadura.

El ensayo se realizó con un arreglo factorial AxB, en un diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones. Para la comprobación entre medias de los tratamientos se utilizó la prueba de TuKey ($p < 0.05$).

3.4.1.1. Factores de estudio.

El planteamiento de los factores y niveles en estudio del presente proyecto se redacta en la tabla 4.

Tabla 3. Factores en estudio del ensayo experimental

Factores	Código	Niveles
Levaduras	A	a ₁ : 0 a ₂ : 0,125 a ₃ : 0,250 a ₄ : 0,5
Melazas	B	b ₁ : Sin melaza b ₂ : Con melaza

Elaborado por: Medina, D. (2020)

3.4.1.2. Interacciones de los factores de estudio.

De la combinación de los factores y niveles mencionados en la Tabla 5 se obtuvieron las siguientes interacciones.

Tabla 4. Interacciones de los factores de estudio

Tratamientos	Código	Detalle
T ₁	a ₁ x b ₁	0 % de Levaduras x sin melazas
T ₂	a ₁ x b ₂	0 % de Levaduras x con melazas
T ₃	a ₂ x b ₁	0,125 % de Levaduras x sin melazas
T ₄	a ₂ x b ₂	0,125 % de Levaduras x con melazas
T ₅	a ₃ x b ₁	0,250 % de Levaduras x sin melazas
T ₆	a ₃ x b ₂	0,250 % de Levaduras x con melazas
T ₇	a ₄ x b ₁	0,5 % de Levaduras x sin melazas
T ₈	a ₄ x b ₂	0,5 % de Levaduras x con melazas

Elaborado por: Medina, D. (2020)

3.4.1.3. Esquema del experimento.

Se determinó el esquema del experimento con sus tratamientos, códigos, réplicas y unidades experimentales.

Tabla 5. Esquema del experimento con tratamientos, códigos, réplicas y unidades experimentales

Tratamientos	Código	Replicas	Unidad experimental	Subtotal
T ₁	a ₁ x b ₁	3	1	3
T ₂	a ₁ x b ₂	3	1	3
T ₃	a ₂ x b ₁	3	1	3
T ₄	a ₂ x b ₂	3	1	3
T ₅	a ₃ x b ₁	3	1	3
T ₆	a ₃ x b ₂	3	1	3
T ₇	a ₄ x b ₁	3	1	3
T ₈	a ₄ x b ₂	3	1	3
TOTAL				24

Elaborado por: Medina, D. (2020)

3.4.1.4. Variables de estudio.

- Temperatura y tiempo de fermentación
- Prueba de corte
- % de testa
- pH de la testa
- pH del cotiledón
- Acidez
- Humedad
- Cenizas
- Proteína
- Grasa

3.4.2. Plan experimental para la fermentación con Enzimas (*Polifenol Oxidasa y pectinatranseliminasa*).

El ensayo se realizó con un arreglo factorial AxB, en un diseño completamente al azar (DCA), con tres repeticiones. Para la comprobación entre medias de los tratamientos se utilizó la prueba de TuKey ($p < 0.05$).

3.4.2.1. Factores de estudio.

El planteamiento de los factores y niveles en estudio del presente proyecto se redacta en la tabla 7.

Tabla 6. Factores en estudio del ensayo experimental

Factores	Código	Niveles
Enzimas	A	{ a ₁ : Polifenol oxidasa Pectinatranseliminasa
Niveles	B	{ b ₁ : 0,15 b ₂ : 0,30

Elaborado por: Medina, D. (2020)

3.4.2.2. Interacciones de los factores de estudio.

De la combinación de los factores y niveles mencionados en la Tabla 8 se obtuvieron las siguientes interacciones.

Tabla 7. Interacciones de los factores de estudio

Tratamientos	Código	Detalle
T ₁	Testigo	0,00 % de Enzimas
T ₂	a ₁ x b ₁	0,15 % de Enzimas Polifenol Oxidasa
T ₃	a ₁ x b ₂	0,30 % de Enzimas Polifenol Oxidasa
T ₄	a ₁ x b ₃	0,45 % de Enzimas Polifenol Oxidasa
T ₅	a ₂ x b ₁	0,15 % de Pectinatranseliminasa
T ₆	a ₂ x b ₂	0,30 % de Pectinatranseliminasa
T ₇	a ₂ x b ₃	0,45 % de Pectinatranseliminasa

Elaborado por: Medina, D. (2020)

3.4.2.3. Esquema del experimento.

Se determinó el esquema del experimento con sus tratamientos, códigos, réplicas y unidades experimentales se indica en la Tabla 9.

Tabla 8. Esquema del experimento con tratamientos, códigos, réplicas y unidades experimentales

Tratamientos	Código	Replicas	Unidad experimental	Subtotal
T ₁	Testigo	3	1	3
T ₂	a ₁ x _{b1}	3	1	3
T ₃	a ₁ x _{b2}	3	1	3
T ₄	a ₁ x _{b3}	3	1	3
T ₅	a ₂ x _{b1}	3	1	3
T ₆	a ₂ x _{b2}	3	1	3
T ₇	a ₂ x _{b3}	3	1	3
TOTAL				21

Elaborado por: Medina, D. (2020)

3.4.2.4. Variables de estudio.

- Temperatura y tiempo de fermentación
- Prueba de corte
- % de testa
- pH de la testa
- pH del cotiledón
- Acidez
- Humedad
- Cenizas
- Proteína
- Grasa

3.5. Materiales y equipos.

En la tabla 10 y 11 se mencionan todos los materiales y equipos que se utilizaron durante el proceso de fermentación del cacao y posteriores análisis de laboratorio.

Tabla 9. *Materiales*

Insumos	Reactivos
Cacao en baba	Agua destilada
Agua	Hidróxido de sodio 0,1 N
Melaza	Fenolftaleína
Levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>)	Alcohol al 70%
Enzima Polifenol oxidasa	Éter
Enzima pectinatranseliminasa	Mezcla digestora
	Ácido sulfúrico concentrado
	Ácido sulfúrico (H ₂ SO ₄) 0,02N
	Solución de ácido bórico con indicador
	Solución indicadora
	Hidróxido de sodio 40%
	Oxido de selenio 0,5%

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 10. *Equipos e Instrumentos*

Equipos	Instrumentos
Cajas para fermentación	Vasos de precipitación de 200ml
Procesador de alimentos	Embudo
Estufa	Papel filtro
Mufla	Matraz aforado de 250ml y 500ml
Rota vapor	Probeta de 500ml
Extractor tipo Soxhlet completo	Bureta de 50ml
Cartucho de extracción	Potenciómetro
Destilador	Balanza analítica
	Escalpelo
	Pinzas de Nuez
	Pinzas para crisol
	Balón micro- Kjeldahl
	Algodón desengrasado

Elaborado por: Medina, D. (2020)

3.6. Manejo del Experimento.

El ensayo experimental se realizó en dos etapas primero con el proceso de postcosecha, análisis físicos-químicos, y posteriormente con la preparación de la pasta de cacao para obtener chocolate al 100% en barra y análisis organolépticos.

3.6.1. Fermentación.

Los granos frescos se fermentaron en cajas de madera de una capacidad de 20 kg con la adición de levaduras y enzimas en 4 días de fermentación.

- **Fermentación con Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y melaza:** la activación de la levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) se la realizó disolviendo los gránulos en 160 ml de agua previamente mezclada con 16 g de azúcar, a una temperatura que oscile entre los 37 y 40 °C. A su vez se procedió a diluir la melaza en relación 2:1, es decir, 333ml de agua y 167ml de melaza.

Una vez aplicados los tratamientos a los granos, las cajas fueron sellados y rotulados con el fin de iniciar el proceso de fermentación.

- **Fermentación con Enzimas (*Polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*):** estas fueron aplicadas directamente a los granos, las cajas fueron sellados y rotulados para iniciar el proceso fermentativo.

Pasadas las 24 horas se realizó la toma de la temperatura inicial de fermentación y el volteo de la masa fermentativa correspondiente a cada tratamiento. Este proceso se realizó durante 4 días.

3.6.2. Primer a Etapa.

3.6.2.1. Secado.

Una vez culminada la etapa de fermentación, se procedió a continuar con el proceso de secado durante seis días hasta que los granos alcanzaran un porcentaje aproximado del 7% de humedad.

3.6.2.2. Análisis físicos.

Los parámetros físicos que se analizaron son los siguientes:

- **Prueba de corte**

Se seleccionó al azar 30 almendras fermentadas y secas, se registró su peso en gramos usando una balanza de precisión, se cortaron en forma longitudinal para exponer al máximo la superficie del cotiledón y se examinó una mitad de cada una a la luz del día o luz artificial equivalente. En la tabla 12 se presenta como se evaluó el grado de fermentación de las almendras.

Tabla 11. Evaluación de almendras de cacao

Color	Causas
Mohosa	Presencia de hongos dentro del cotiledón de cacao destruye completamente el sabor del grano
Pizarra o gris	No fermentada
Violetas	Baja fermentación (El sabor es astringente y amargo, con ausencia de aroma)
Marrón y violeta	Fermentación buena a ligeramente baja (La calidad del sabor y aroma de este tipo de almendra es regular)
Marrón o café	Buena fermentación (La calidad del sabor y aroma del grano es excelente)
Marrón, Oscuro	Sobre fermentación

Fuente: [36]

- **Porcentaje de testa**

Consistió en determinar el porcentaje de cascarilla de cada tratamiento respecto al índice de semilla y se usó la siguiente formula:

$$Testa(\%) = \frac{Peso\ de\ la\ testa}{Peso\ de\ 30\ almendras} \times 100 \quad (1)$$

- **pH**

El valor del pH de la testa se registró en 30 almendras de cacao. Primero se separó la testa del cotiledón; posteriormente tanto el cotiledón como la testa, de manera individual fueron triturados usando un procesador de alimentos o trituradora, una vez triturada se le adicionó 100 ml de agua destilada, se dejó reposar por 10 min y se procedió a filtrar. Con un potenciómetro se realizó la lectura del pH en la testa y el cotiledón, esperando un lapso de 2 a 3 min.

- **Humedad**

Para medir el porcentaje de humedad de las almendras, se pesaron 10 g de muestra de cacao triturado, las muestras se colocaron en la estufa “MEMMERT” y se incubaron a 130 °C por 24 h. El porcentaje de humedad contenido en la almendra se determinó en función del peso fresco, por diferencia, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{Humedad}(\%) = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1 - m_0} \times 100 \quad (2)$$

Dónde:

m_0 = Masa en gramos de la placa vacía

m_1 = Masa en gramos de la muestra de cacao triturada

m_2 = Masa en gramos de la muestra de cacao seca

3.6.2.3. Análisis químicos.

- **Acidez titulable**

Se mezclaron 5 g de muestra con 10 ml de etanol y 90 ml de agua destilada en un matraz Erlenmeyer de 250 ml, se dejó reposar por 10 min y luego se procedió a filtrar. Una vez filtrado se agregaron 3 gotas de fenolftaleína. Se tituló con NaOH al 0,1N con agitación constante, hasta que la muestra presente una coloración marrón con rosado. Luego se procedió a calcular la acidez titulable mediante la siguiente formula:

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{f_a * V_{NaOH} * N * f}{V_0} \quad (3)$$

Dónde:

f_a = Factor del acido predominante en la muestra

V_{NaOH} = Volumen del NaOH usado en la titulación (ml)

N = Normalidad de la solución de NaOH

V_0 = Volumen de la muestra

- **Cenizas**

Para medir el porcentaje de cenizas, se pesaron 3 gramos de muestra seca en un crisol y se colocaron en la mufla a 600°C durante seis horas. El porcentaje de cenizas contenido se determinó en función del peso seco, empleando la siguiente formula:

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{(m_1 - m_0)}{m} \times 100 \quad (4)$$

Dónde:

m = Masa en gramos de la muestra seca

m_0 = Masa en gramos del crisol vacío

m_1 = Masa en gramos del crisol + muestra calcinada

- **Proteína**

Preparación de reactivos

Mezcla digestora

a) Pesar 150g de sulfato de potasio (K_2SO_4) y agregar en 1000ml de ácido sulfúrico

concentrado, disolver agitando con una varilla de vidrio.

- b) Pesar 12,5g de sulfato de cobre y disolver en 25ml de agua destilada caliente, cuando ambas soluciones estén frías, mezclarlas.

Hidróxido de sodio 40% (NaOH)

- a) Pesar 400g de NaOH
- b) Aforar a 1 litro de agua destilada, agitar hasta que se disuelva
- c) Dejar que la solución se enfríe y guardar en frasco (el frasco debe estar tapado para evitar la absorción de CO₂ atmosférico).

Ácido sulfúrico 0.02N standard

- a) Diluir 2,17ml de ácido sulfúrico concentrado en 4 litros con agua destilada
- b) Agitar hasta que se disuelva, dejar que la solución se enfríe

Solución Indicadora

- a) Disolver 0,18g de rojo de metilo más azul de metilo 0,10g en 100ml de alcohol etílico de 95%

Solución de ácido bórico como indicador

- a) Pesar 20g de ácido bórico en un frasco de 1 litro
- b) Aforar a 1 litro con agua destilada
- c) Agregar 4ml de la solución indicadora

Procedimiento

Digestión

1. Pesar en un balón micro- Kjeldahl 0,1g de muestra molida y tamizada en una malla N° 40
2. Agregar 2ml de la solución digestora
3. Añadir 2 gotas de óxido de selenio 0,5% (opcional)
4. Colocar a calentar en la unidad digestora a temperatura baja y luego continuar a una temperatura más alta, hasta que el digestor se torne incoloro, retirar el balón y dejar que se enfríe

Destilación

1. Añadir 8ml de agua destilada para disolver el residuo de sales formado
2. Conectar el balón al aparato de destilación.
3. Vaciar 4ml de la solución de hidróxido de sodio al 50% abriendo al aparato de destilación la llave del recipiente que lo contiene.
4. Conectar al generador de vapor del mismo aparato e iniciar la destilación.
5. Recibir el amonio destilado de la muestra sobre 15ml de la solución de ácido bórico (H_3BO_3) con indicador.
6. Prolongar la destilación hasta 4 minutos después de viraje de color de esta solución.

- **Grasa**

Procedimiento:

Se pesaron 2 gramos de muestra libre de humedad, se cubrió con algodón (el equipo Soxhlet fue ajustado con matraz balón a peso constante), luego se colocó la muestra en el condensador y se adiciono aproximadamente 160 ml de éter para obtener tres descargas, se hizo circular agua por el condensador para iniciar calentamiento. Se efectuó la extracción durante 4 – 5 horas, el equipo fue desmontado y el éter se evaporó por medio de la rota vapor. Luego el matraz fue calentado en la estufa por un breve tiempo, se atempero y llevo a peso constante. Para determinar el porcentaje del extracto etéreo se empleó la siguiente formula:

$$\text{Extracto Etéreo (\%)} = \frac{(P-p)}{M} \times 100 \quad (5)$$

Dónde:

P = peso muestra sin desengrasar

p = peso muestra desengrasada

M = peso en gramos de la muestra

3.6.2.4. Análisis sensorial

La sesión de cata de las muestras de chocolate se realizó con catadores seleccionados al azar, a su vez la codificación de las muestras se realizó de manera que no proporcione al

catador ninguna información sobre el tratamiento empleado en cada una de ellas, para así evitar errores.

Etapas del análisis sensorial:

- a) Observar la apariencia de la muestra, es decir, color, brillo, etc., en el caso de tener observaciones estas se anotan en la ficha (anexo 33).
- b) Se procede a oler la muestra para evaluar la categoría de aroma y colocar la respectiva puntuación en el casillero correspondiente.
- c) Luego degustar la muestra para evaluar las categorías de Acidez, Amargor y Astringencia.

El catador debe repetir estos pasos según la cantidad de muestras que tenga el experimento.

3.6.3. Segunda etapa.

3.6.3.1. Descripción del proceso de elaboración del chocolate al 100% de concentración.

a) Recepción y limpieza

Se realizó la recepción de la materia prima: almendras de cacao fermentado y los ingredientes: manteca de cacao y lecitina. En esta fase se realizó la limpieza de impurezas, cuerpos extraños y polvo presentes en la materia prima.

b) Torrefacción o tueste

A continuación, se procedió con el tueste o torrefacción, el cual es un proceso fundamental en la elaboración del chocolate y consiste en llevar la materia prima a temperatura controlada de 55°C durante 15 minutos para eliminar ácidos volátiles, reducir la humedad del grano y desarrollar el aroma del cacao

c) Triturado y descascarillado

Se trituró la materia prima tostada y mediante el uso de tamices se separó la cascarilla que recubre el cotiledón en diferentes tamaños de partículas. Posteriormente se utilizó un ventilador de aire para eliminar los residuos de partículas en polvo.

d) Molienda, refinado y conchado

Una vez retirada la cascarilla y eliminado el polvo de chocolate, se procede a la molienda y reducción del tamaño de partícula de los cotiledones hasta obtener un diámetro de 10 μm y

formar la pasta de cacao. La molienda se mantuvo durante 15 horas para alcanzar la mayor refinación con un tamaño de partículas de 2 μm .

Durante este proceso se realizó cuatro pasos adicionales: 1) se pesó, derritió y adicionó la manteca de cacao; 2) cuando la masa de cacao presentó una consistencia homogénea y viscosa se adicionó la lecitina; 3) la mezcla pasó por una serie de rodillos hasta producir una pasta suave; 4) se realizó el conchado, el cual consiste en inyectar aire a la pasta de chocolate para que adquiriera mejor sabor, aroma y textura

e) Atemperado y moldeado

Consiste en elevar la temperatura del chocolate a 52°C y mantener constantes movimientos envolventes. Una vez alcanzada la temperatura deseada se realizó un shock térmico con baño maría invertido (usando hielo o agua helada) para bajar la temperatura a 32°C. A continuación, se desinfectan los moldes con forma de barras, se procede a colocar el licor de chocolate y se deja en refrigeración por 2 horas.

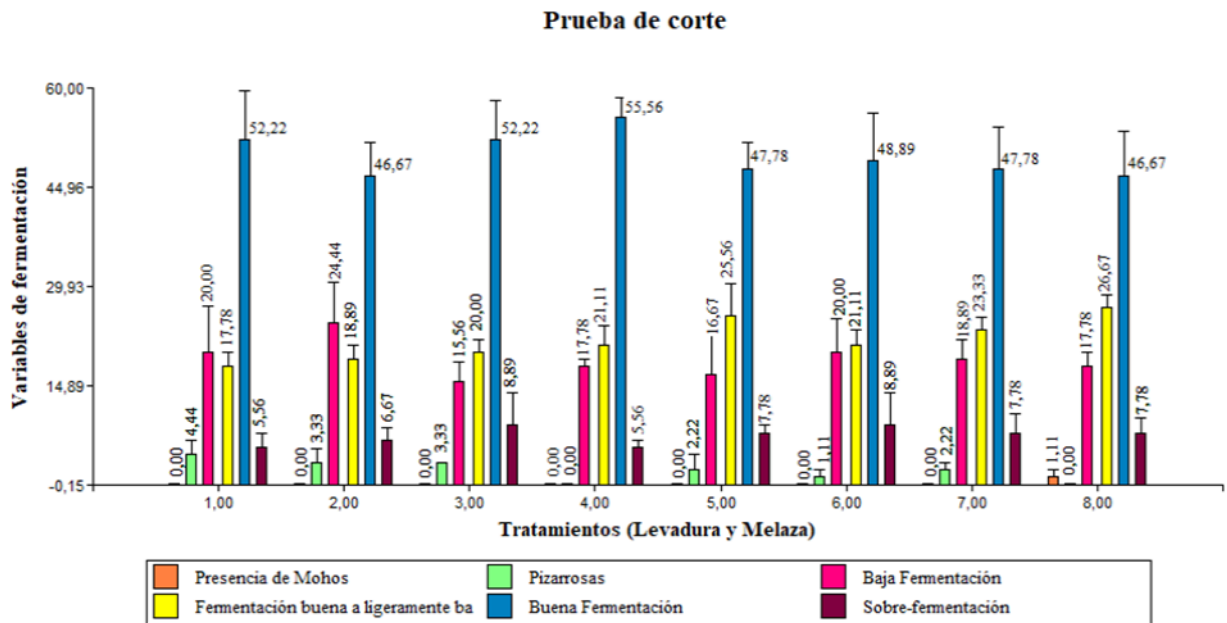
**CAPÍTULO IV.
RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) con respecto a los análisis físicos y químicos en el cacao.

4.1.1. Resultados de la fermentación con levadura y melaza.

Diferencias de las medias correspondientes a las variables de fermentación.

Gráfico 2. Resultado de las medias correspondientes a las variables de fermentación del plan experimental de fermentación con levadura y melaza

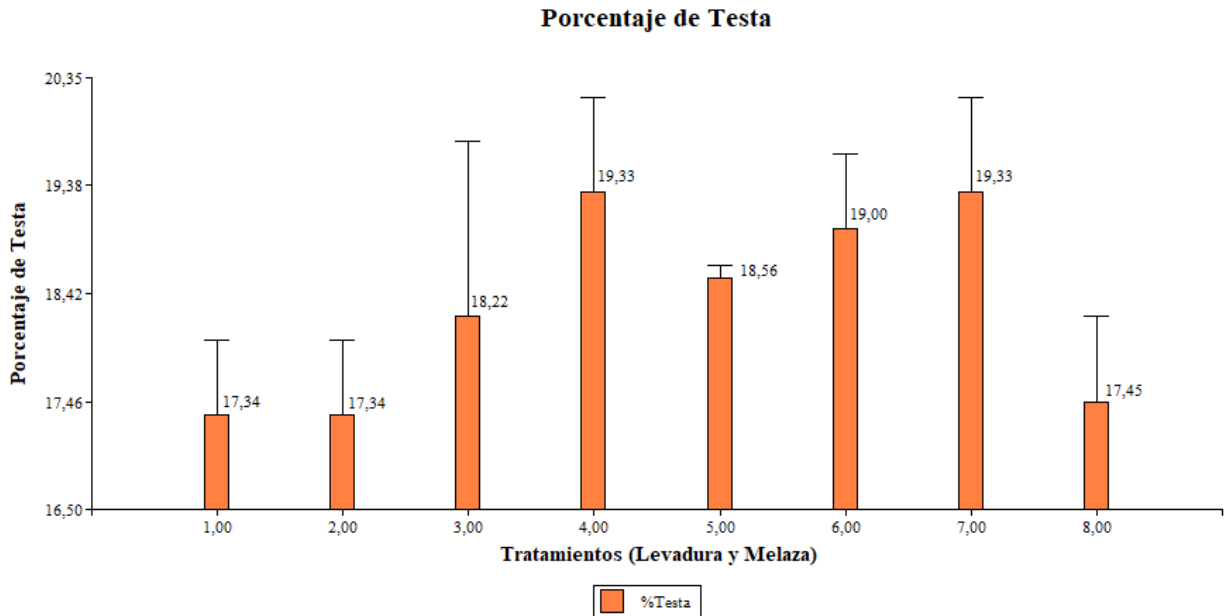


Elaborado por: Medina, D. (2020)

En el gráfico 2 se presentan los resultados de las diferencias de las medias correspondientes a las variables de fermentación, en el que se observa que en la prueba de corte correspondiente al diseño experimental 1, el T4 alcanzó el 55,56%, el cual es considerado como un porcentaje de buena fermentación con respecto a lo obtenido en los demás tratamientos (T1, T2, T3, T5, T6, T7 y T8). Este resultado permite demostrar que la adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) al 0,125% y melaza, permite potenciar la calidad de las almendras del *Theobroma Cacao* en el proceso de corte.

Diferencias de las medias correspondientes al porcentaje de testa.

Gráfico 3. Resultado de las medias correspondientes al porcentaje de testa del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza

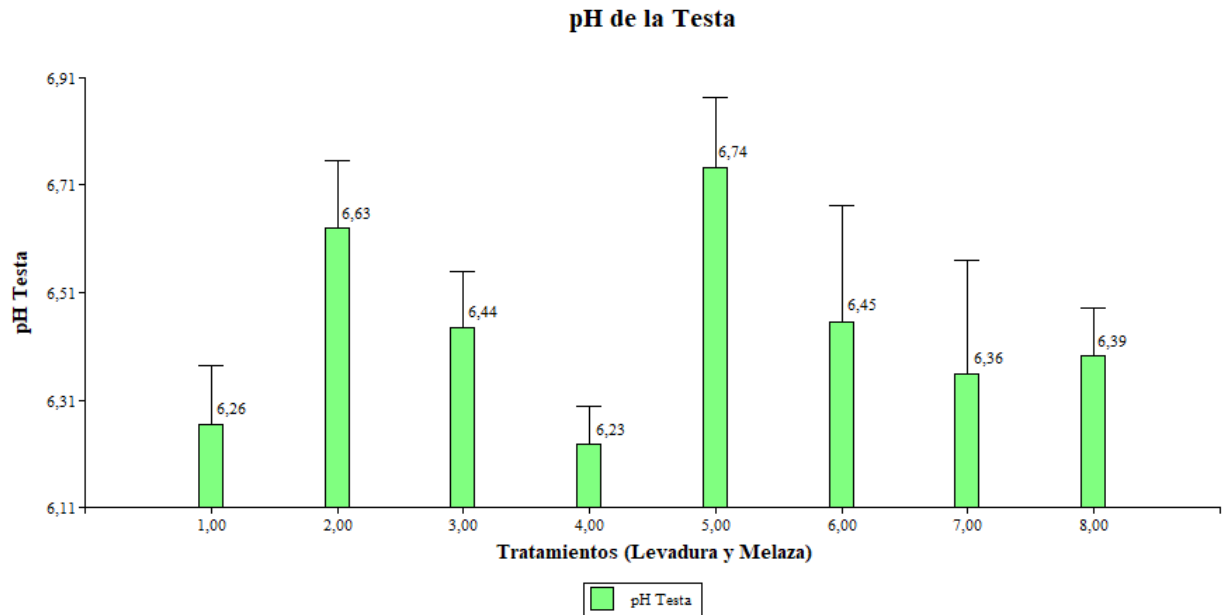


Elaborado por: Medina, D. (2020)

El análisis de los resultados de las diferencias de las medias correspondientes al porcentaje de testa del cacao fermentado con levadura y melaza presentados en el gráfico 3, permite apreciar que el T4 (0,125% levadura x con melaza) y T7 (0,5% de levadura x sin melaza) son los tratamientos óptimos para un adecuado desprendimiento de la testa.

Diferencias de las medias correspondientes al pH de la testa

Gráfico 4. Resultado de las medias correspondientes al pH de la testa del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza

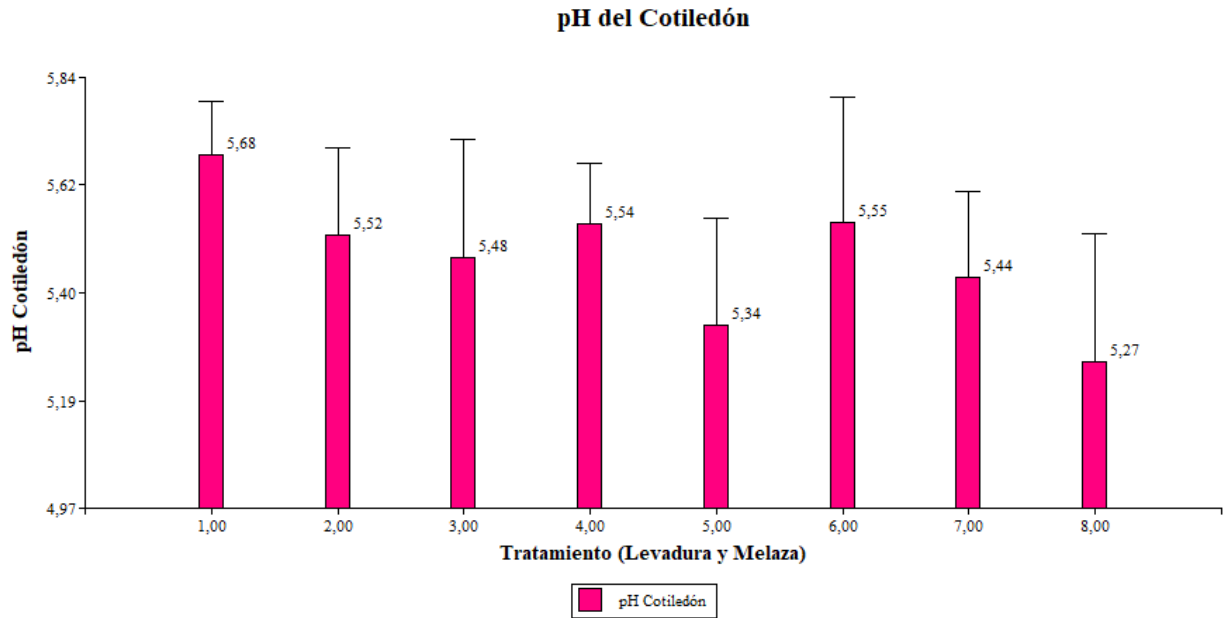


Elaborado por: Medina, D. (2020)

Los resultados de las diferencias de medias correspondientes al pH de la testa (gráfico 4), refieren que el tratamiento T5 (0,250% levadura x sin melaza) presenta un pH de 6,74%, respecto a los demás tratamientos que tuvieron un porcentaje inferior.

Diferencias de las medias correspondientes al pH del cotiledón.

Gráfico 5. Resultado de las medias correspondientes al pH del cotiledón del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza

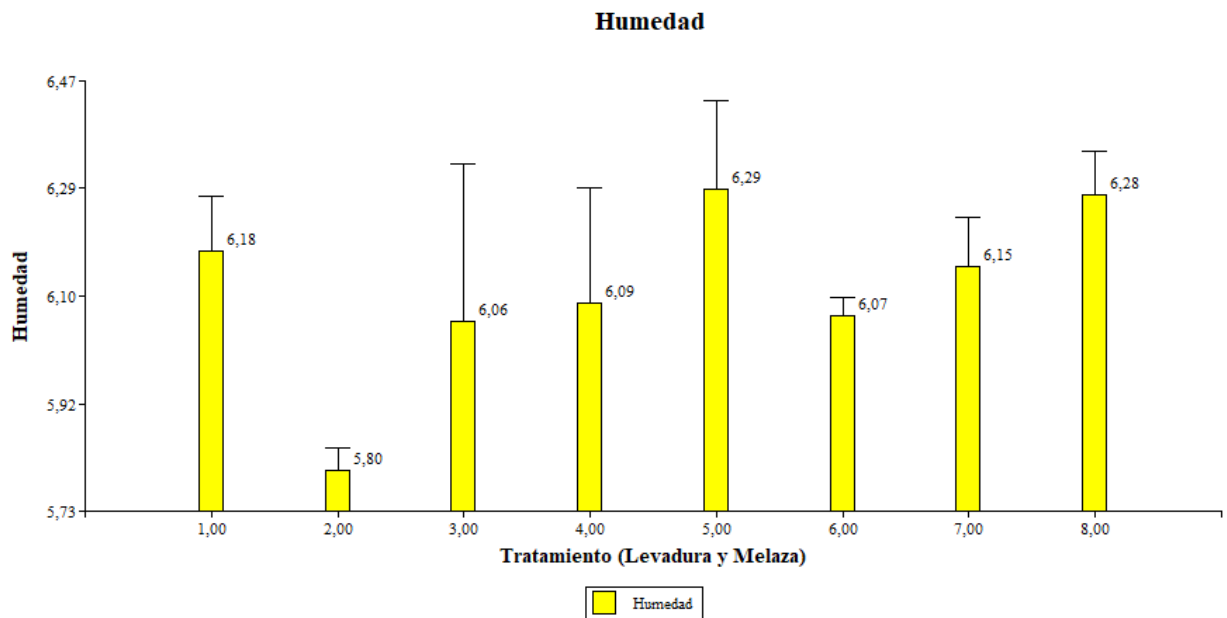


Elaborado por: Medina, D. (2020)

El análisis de las diferencias de las medias correspondientes al pH del cotiledón determinó que no existe un mayor grado de variabilidad entre las muestras de los ocho tratamientos analizados y que el T1 presenta mejores resultados.

Diferencias de las medias correspondientes a la humedad del cacao fermentado.

Gráfico 6. Resultado de las medias correspondientes a la humedad del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza

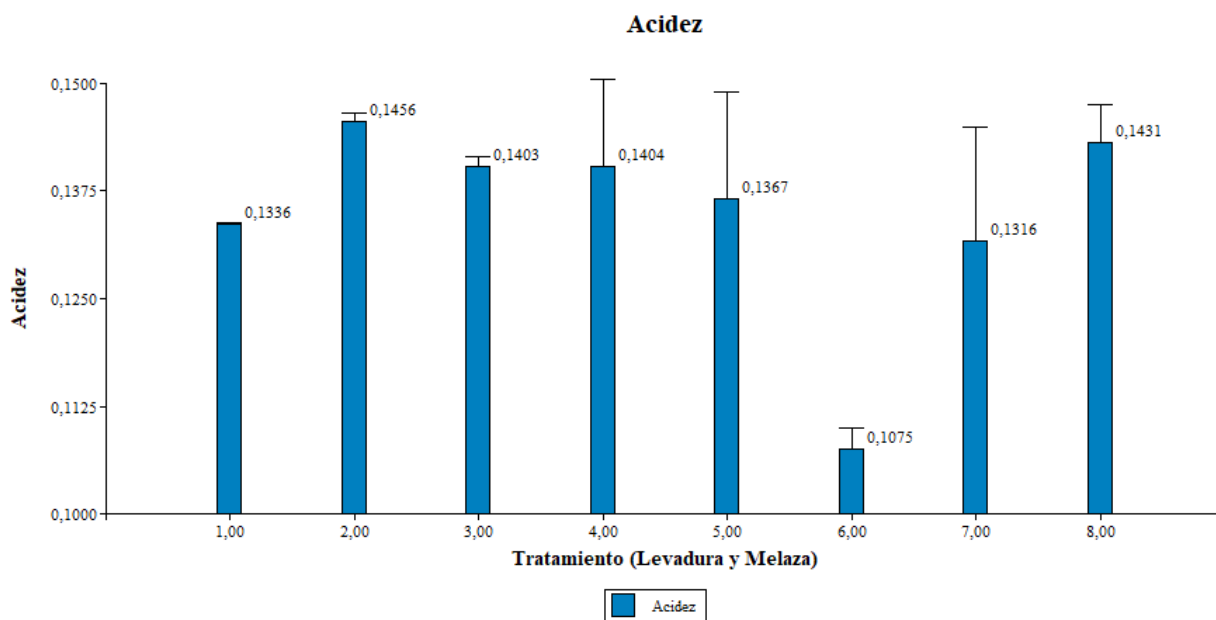


Elaborado por: Medina, D. (2020)

Los resultados de las diferencias de las medias correspondientes a la humedad del cacao fermentado, reporta un grado de humedad del 5,80% en el T2 que corresponde a al tratamiento con 0,125% levadura x sin melaza.

Diferencias de las medias correspondientes a la acidez del cacao fermentado.

Gráfico 7. Resultado de las medias correspondientes a la acidez del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza

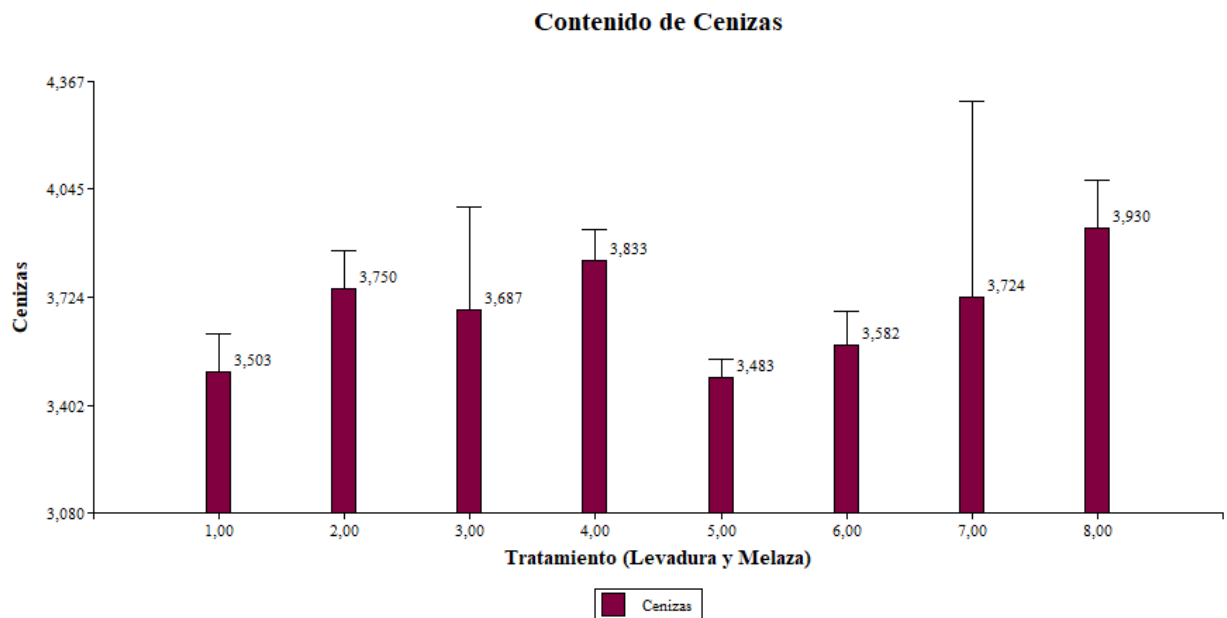


Elaborado por: Medina, D. (2020)

Las diferencias de las medias correspondientes a la Acidez titulable del cacao fermentado determinaron que el mejor tratamiento es el T2 (0% levadura x con melaza) con un porcentaje del 0,1456%.

Diferencias de las medias correspondientes al contenido de cenizas del cacao fermentado.

Gráfico 8. Resultado de las medias correspondientes al contenido de cenizas del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza

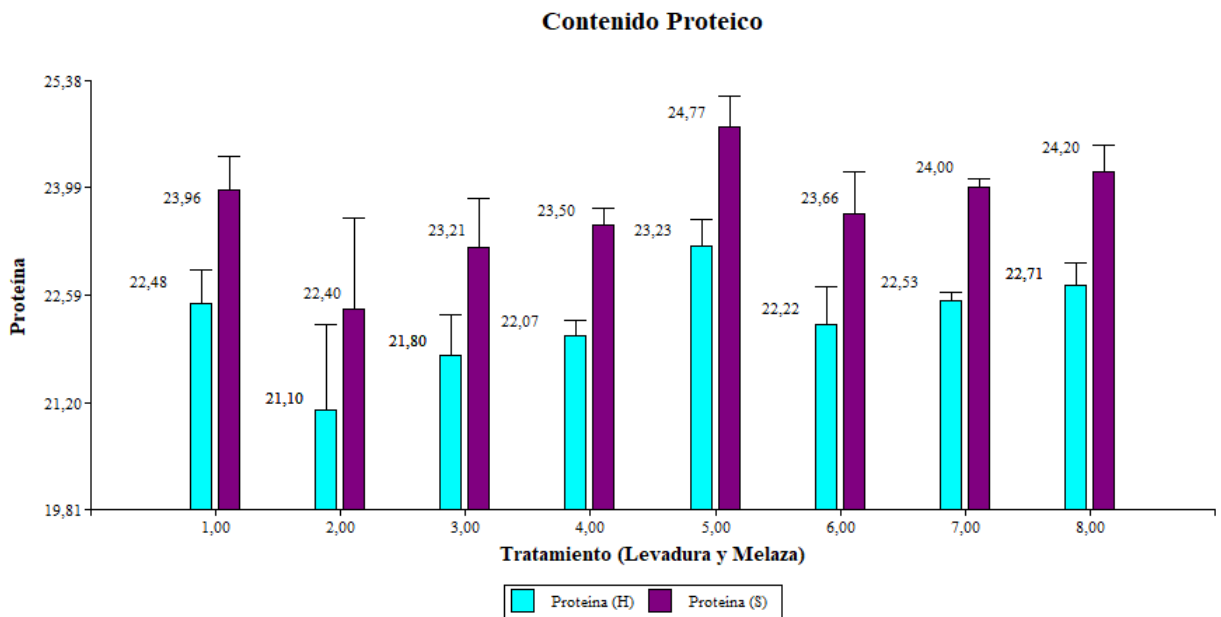


Elaborado por: Medina, D. (2020)

El análisis de las diferencias de las medias correspondientes al contenido de cenizas en el cacao fermentado de las 8 muestras analizadas, determinó que el T5 (0,250 levadura x sin melaza), es el mejor tratamiento ya que existe menor pérdida de material inorgánico (3,483%), lo que conlleva a un mayor aprovechamiento de la almendra para la elaboración del chocolate.

Diferencias de las medias correspondientes al contenido de proteína húmeda y seca del cacao fermentado.

Gráfico 9. Resultado de las medias correspondientes al contenido de proteína en muestra húmeda y seca del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza

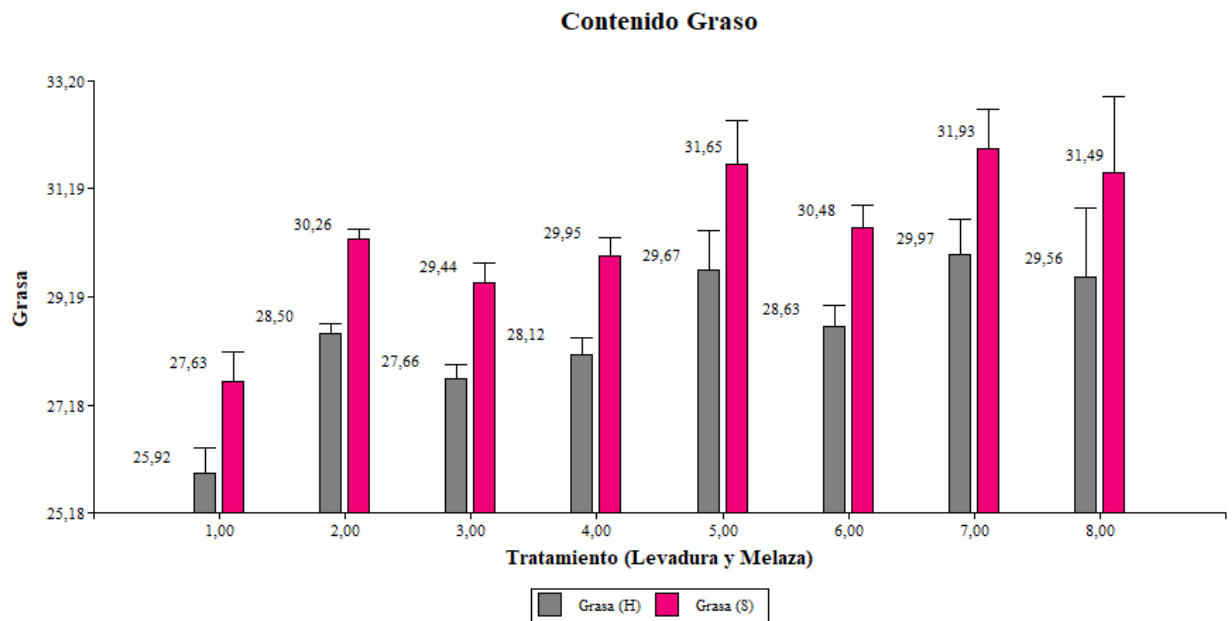


Elaborado por: Medina, D. (2020)

A partir de los datos estadísticos de las medias correspondientes en relación al contenido de proteína húmeda y seca del cacao fermentado, referidos en el gráfico 9, se determinó que el T5 (0,250 levadura x sin melaza) mantiene el mayor valor con 24,77%, en relación a los otros tratamientos.

Diferencias de las medias correspondientes al contenido de grasa en muestra húmeda y seca del cacao fermentado.

Gráfico 10. Resultado de las medias correspondientes al contenido de grasa en muestra húmeda y seca del cacao fermentado del plan experimental de fermentación con levadura y melaza



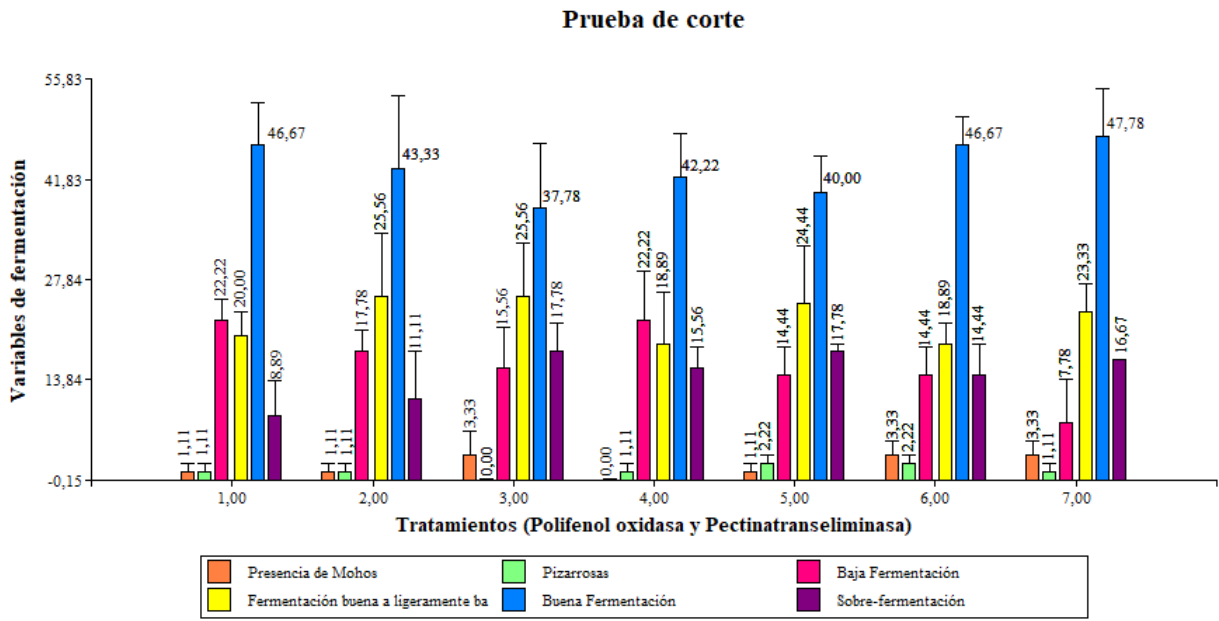
Elaborado por: Medina, D. (2020)

La grafica de medias permitió hacer notoria la diferencia de las dos muestras analizadas (Gráfico 10), en la que se observa que el T7 (0,5% levadura x sin melaza) alcanzó el 31,93% de contenido graso, siendo el mejor resultado en relación a los 8 tratamientos analizados.

4.1.2. Resultados de la fermentación con enzimas (*Polifenol Oxidasa* y *pectinatranseliminasa*).

Diferencias de las medias correspondientes a las variables de fermentación.

Gráfico 11. Resultado de las medias correspondientes a las variables de fermentación del plan experimental de fermentación (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)

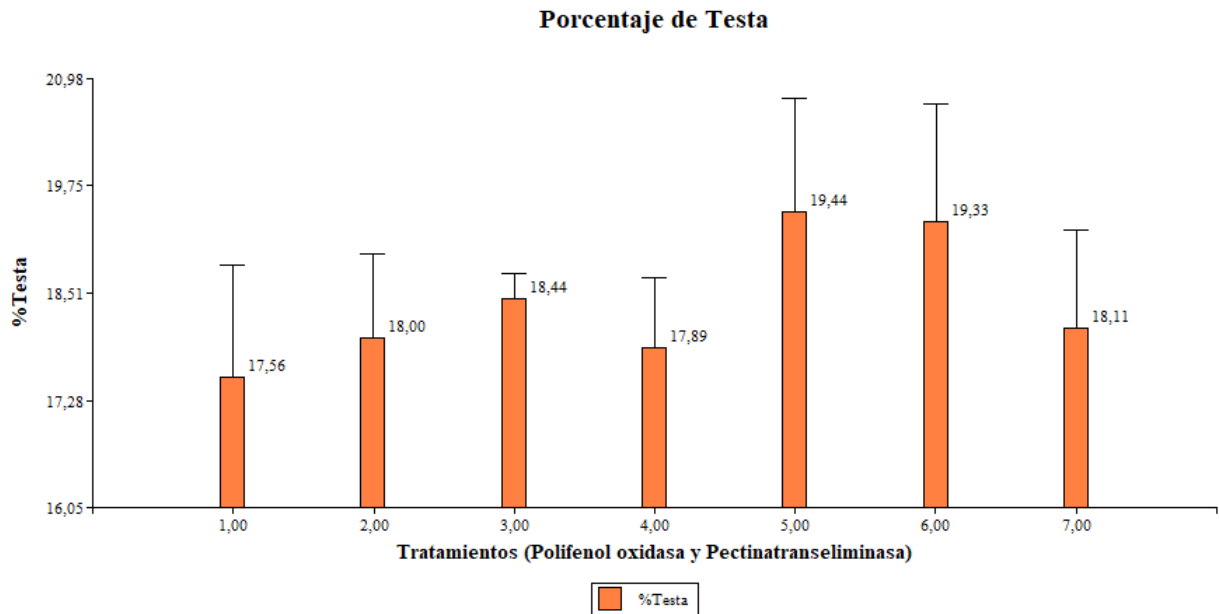


Elaborado por: Medina, D. (2020)

El análisis comparativo de las muestras fermentadas con enzimas (*Polifenol Oxidasa* y *pectinatranseliminasa*) referidas en el gráfico 11, reporta que el T7 aplicando *Pectinatranseliminasa* mantiene el 47,78% de buena fermentación, la cual es establecida de acuerdo a lo que se refiere en la tabla 12 para la prueba de corte. Este resultado fue superior al obtenido con *Polifenol Oxidasa* en los tratamientos T2, T3 y T4 y el blanco (T1).

Diferencias de las medias correspondientes al porcentaje de testa.

Gráfico 12. Resultado de las medias correspondientes al porcentaje de testa del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)

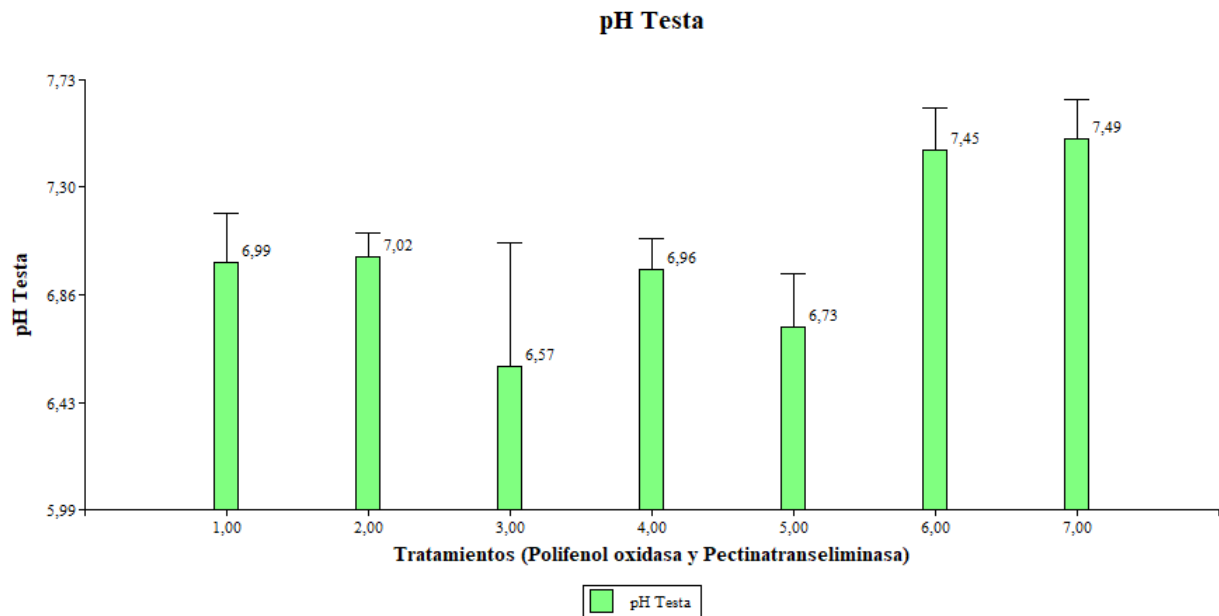


Elaborado por: Medina, D. (2020)

Los resultados de las diferencias de las medias correspondientes al Porcentaje de Testa representadas en el gráfico 12, informan que de los tres tratamientos (T5, T6 y T7) aplicando *Pectinatranseliminasa*, el T5 (0,15% de *Pectinatranseliminasa*) mantiene el mayor porcentaje de testa del cacao con el 19,44%.

Diferencias de las medias correspondientes al pH de la testa.

Gráfico 13. Resultado de las medias correspondientes al pH de la testa del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)

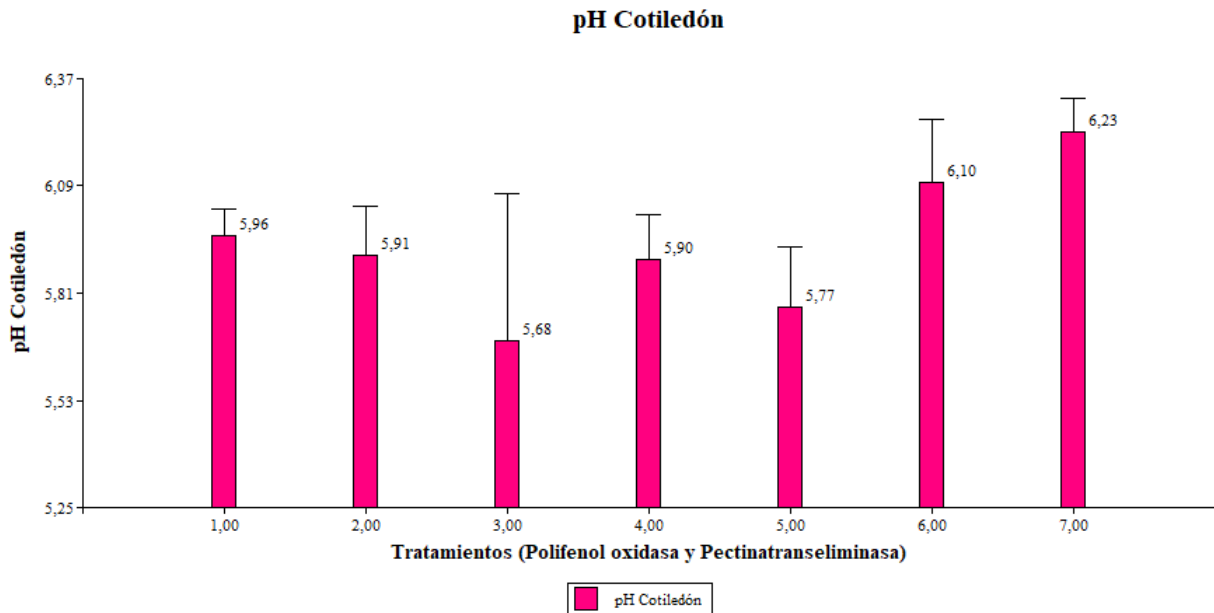


Elaborado por: Medina, D. (2020)

Los resultados de las diferencias de las medias correspondientes al pH de la Testa (Gráfico 13), refieren que el tratamiento T7 (0,45% *Pectinatranseliminasa*) mantiene el pH más alto (7,49) respecto a los demás tratamientos, lo cual permite un mejor desprendimiento de la testa.

Diferencias de las medias correspondientes al pH del cotiledón.

Gráfico 14. Resultado de las medias correspondientes al pH del cotiledón del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)

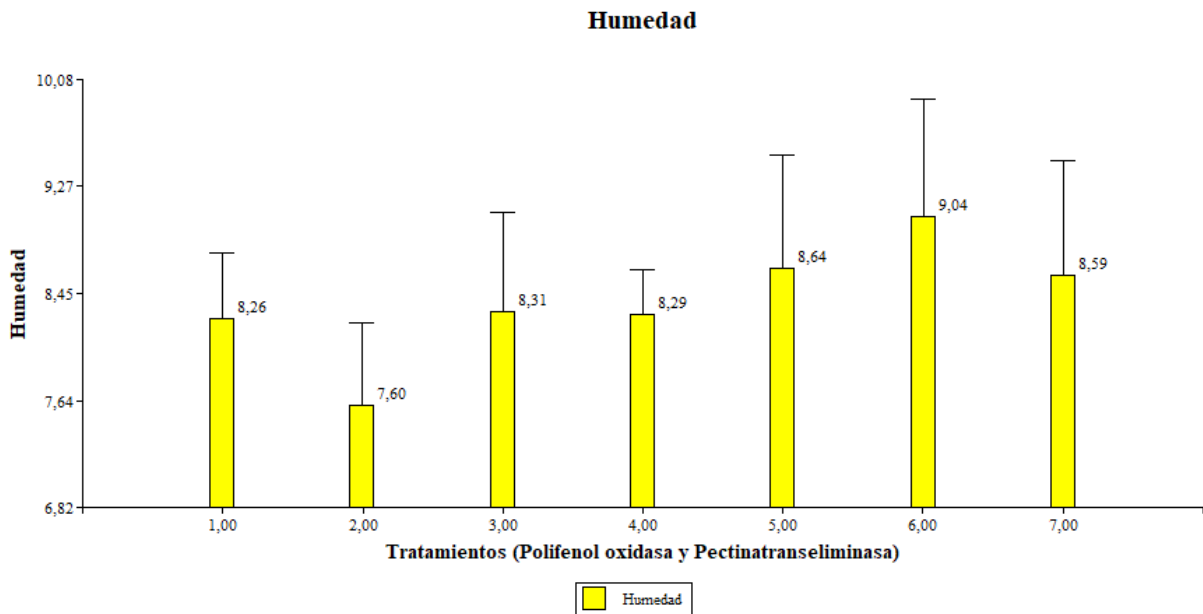


Elaborado por: Medina, D. (2020)

En el proceso de tostado, el pH debe mantener un rango de 5,8 a 6,5 y, se considera como óptimo el mayor pH. En el gráfico 14 se presenta las diferencias de las medias correspondientes al pH del Cotiledón. Se ha determinado que existe variabilidad entre las muestras tratadas con *Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*, notándose que el T7 (0,45% *pectinatranseliminasa*) presenta un mejor resultado de pH con 6,23.

Diferencias de las medias correspondientes a la humedad del cacao fermentado.

Gráfico 15. Resultado de las medias correspondientes a la humedad del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)

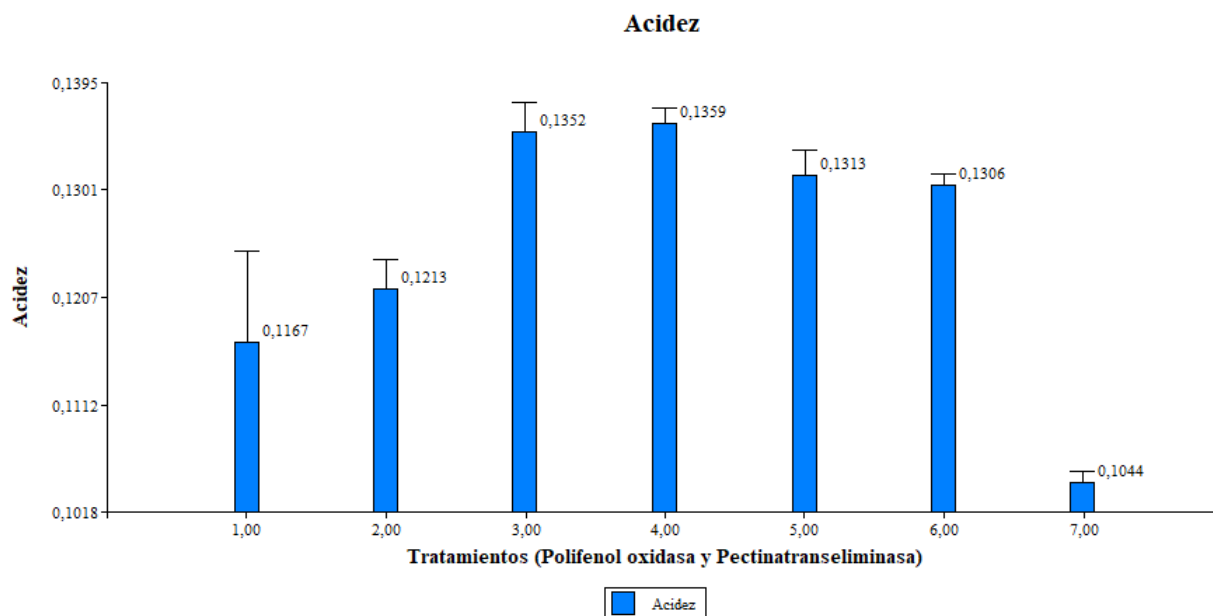


Elaborado por: Medina, D. (2020)

En el análisis de la humedad del cacao fermentado referida en el gráfico 15 se presentan los resultados de las diferencias de las medias correspondientes, observándose que el menor grado de humedad (7,60%) corresponde al T2 (0,15% *polifenol oxidasa*), lo cual incide de manera directa para evitar el crecimiento de moho y afectación a la calidad de la almendra.

Diferencias de las medias correspondientes a la acidez del cacao fermentado.

Gráfico 16. Resultado de las medias correspondientes a la acidez del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)

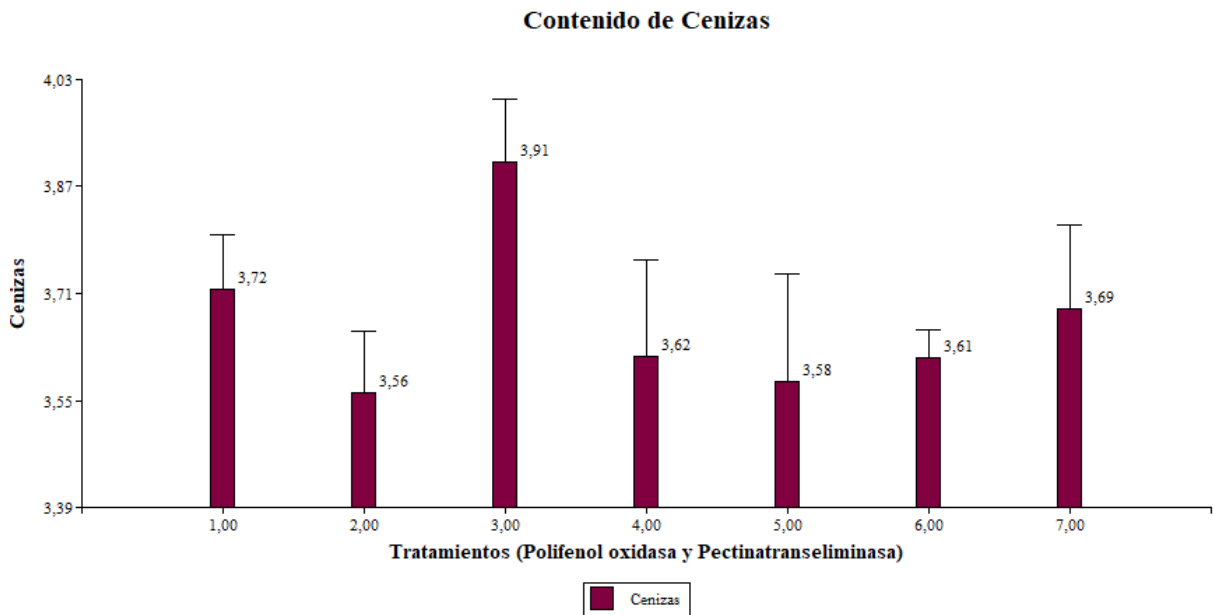


Elaborado por: Medina, D. (2020)

El gráfico 16 presenta los resultados de las diferencias de las medias correspondientes a la Acidez del cacao fermentado. El análisis determinó que el tratamiento T4 con la adición de 0,45% *Polifenoloxidasa*, alcanzó el porcentaje más alto (0,1359%) de acidez, el cual es considerado como el tratamiento más óptimo, ya que a mayor acidez se garantiza una mejor calidad del chocolate.

Diferencias de las medias correspondientes al contenido de cenizas del cacao fermentado.

Gráfico 17. Resultado de las medias correspondientes al contenido de cenizas del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)

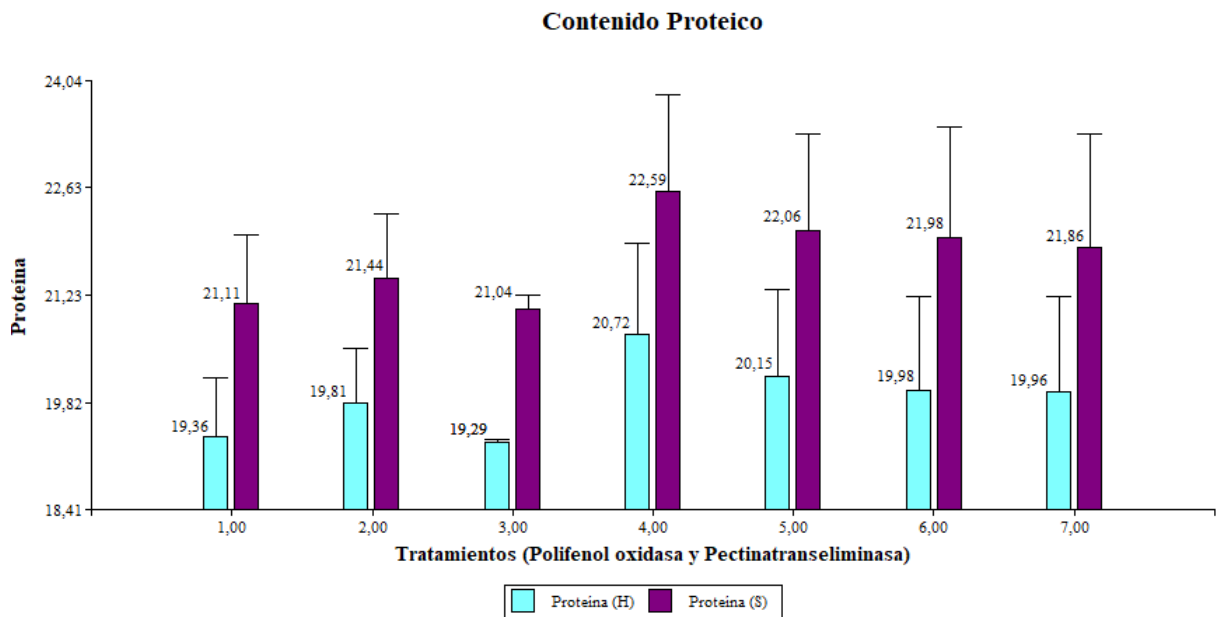


Elaborado por: Medina, D. (2020)

El análisis de las diferencias de las medias correspondientes al contenido de cenizas del cacao fermentado (Gráfico 17), reportan que el T2 (0,15% *polifenol oxidasa*) es el tratamiento óptimo alcanzando el 3,56% de material inorgánico presente en la muestra, lo cual es importante ya que a menor pérdida de ceniza se mantiene un mayor porcentaje de almendra para la elaboración del chocolate.

Diferencias de las medias correspondientes al contenido de proteína húmeda y seca del cacao fermentado.

Gráfico 18. Resultado de las medias correspondientes al contenido de proteína en muestra húmeda y seca del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (*Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa*)

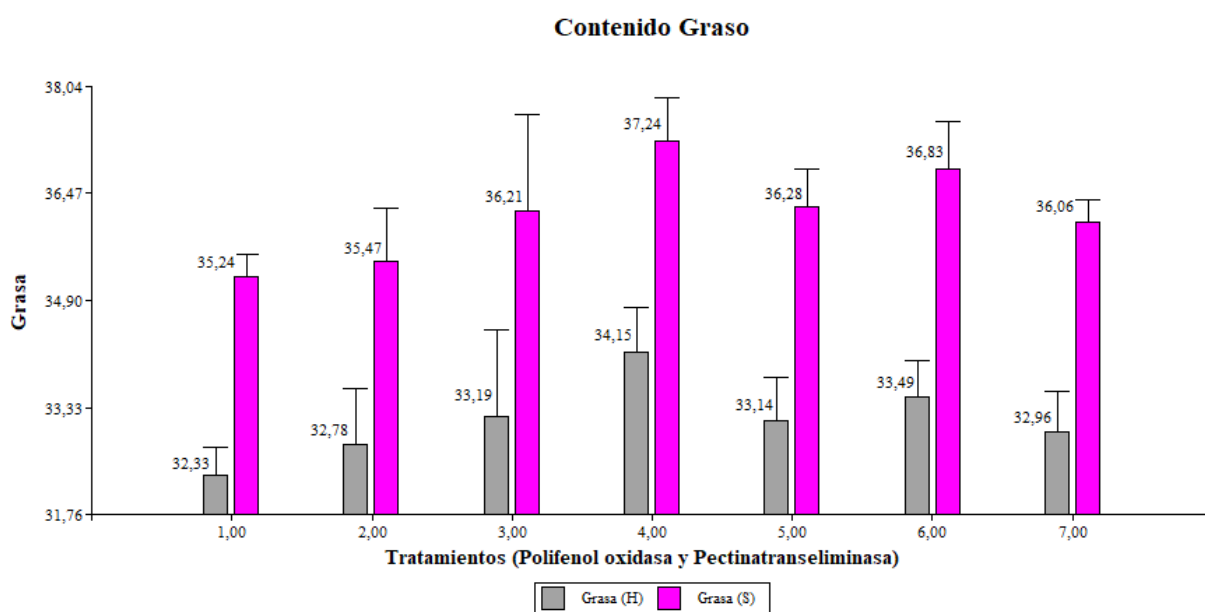


Elaborado por: Medina, D. (2020)

Los resultados reportados en el gráfico 18 presentan las diferencias de las medias correspondientes al contenido de proteína húmeda y seca del cacao fermentado, observándose que el T4 (0,45% *pectinatranseliminasa*) alcanzó los mayores porcentajes tanto en proteína húmeda (20,72%) y seca (22,59%).

Diferencias de las medias correspondientes al contenido de grasa en muestra húmeda y seca del cacao fermentado.

Gráfico 19. Resultado de las medias correspondientes al contenido de grasa en muestra húmeda y seca del cacao fermentado del plan experimental de fermentación (*Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa*)



Elaborado por: Medina, D. (2020)

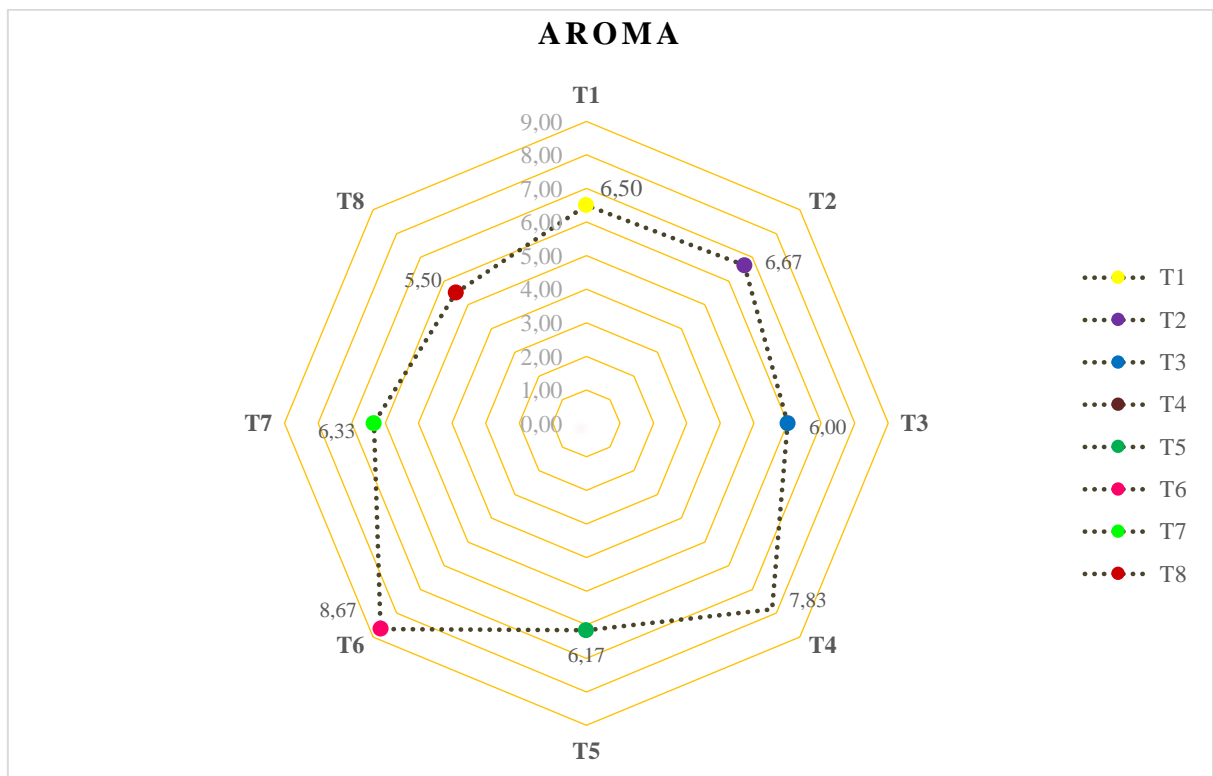
El análisis de las diferencias de las medias correspondientes al contenido de grasa (Gráfico 19) indica que el T4 (0,45% *pectinatranseliminasa*) alcanzó el mayor porcentaje en grasa húmeda (34,25%) y seca (37,24%), considerándose como el tratamiento óptimo ya que a mayor contenido de grasa permite mantener una mayor viscosidad y textura en el chocolate.

4.1.3. Resultado del análisis sensorial de los diseños estudiados.

4.1.3.1. Resultado de análisis sensorial de la fermentación con levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y melaza.

En los gráficos 20, 21, 22 y 23 se presentan los resultados correspondientes al análisis sensorial (aroma, sabor, amargor y astringencia) del chocolate elaborado con levadura y melaza.

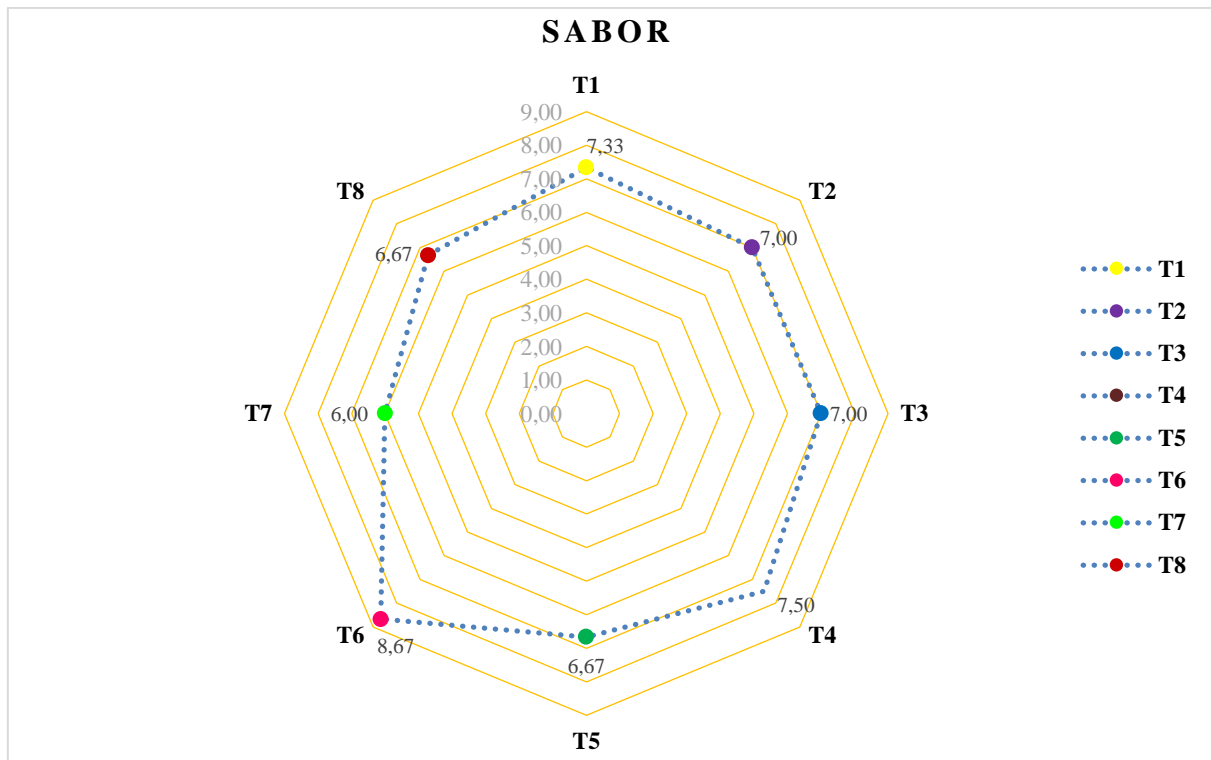
Gráfico 20. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica aroma del plan experimental (fermentación con levadura y melaza)



Elaborado por: Medina, D. (2020)

De acuerdo a la característica aroma referida en el gráfico 20, el tratamiento con mayor aceptación es el T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza), seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) ya que mantiene los valores más altos en la catación, mientras que los tratamientos con menor aceptación fueron: T8 (0,5 % de Levaduras + con melaza) y T3 (0,125 % de Levaduras x sin melazas).

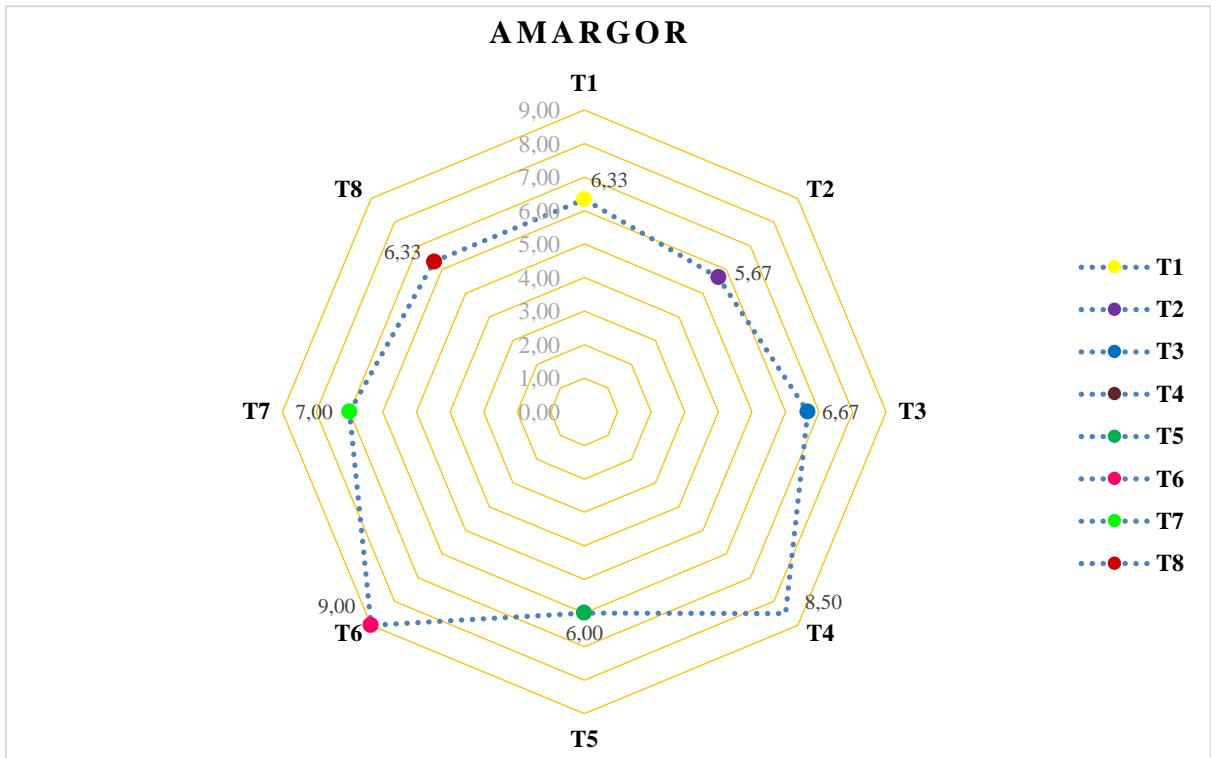
Gráfico 21. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica sabor del plan experimental (fermentación con levadura y melaza)



Elaborado por: Medina, D. (2020)

En el gráfico 21 se presenta el resultado del análisis obtenido en el análisis sensorial, observándose que el tratamiento con mayor aceptación es el T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza), seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) ya que mantienen los valores más altos en la catación, mientras que el tratamiento con menor aceptación en cuanto a la característica sabor fue T7 (0,5 % de Levaduras + sin melazas).

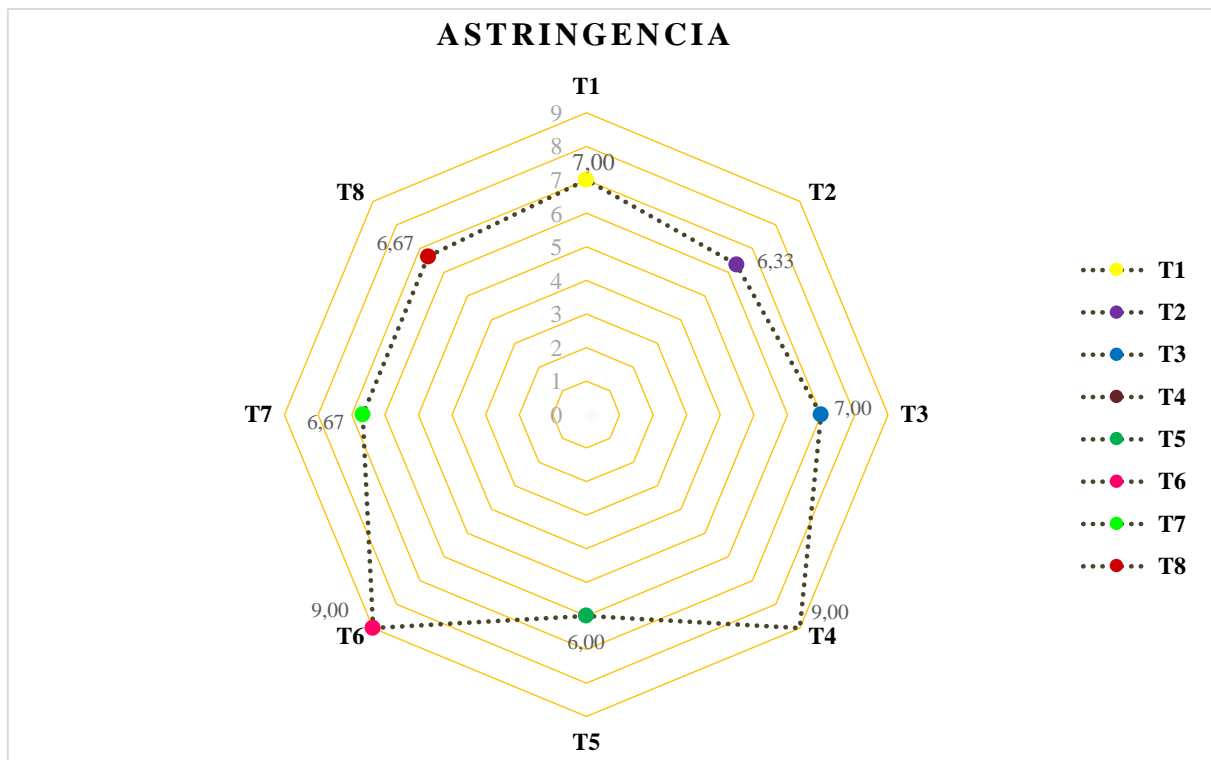
Gráfico 22. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica amargor del plan experimental (fermentación con levadura y melaza)



Elaborado por: Medina, D. (2020)

Los resultados obtenidos en el análisis de amargor del chocolate (Gráfico 22), refieren que el tratamiento con mayor aceptabilidad es el T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza), seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) ya que presentan los valores más altos en la catación. Los tratamientos con menor aceptación fueron el T2 (0 % de Levaduras + con melazas) y T5 (0,250 % de Levaduras + sin melazas).

Gráfico 23. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica astringencia del plan experimental (fermentación con levadura y melaza)



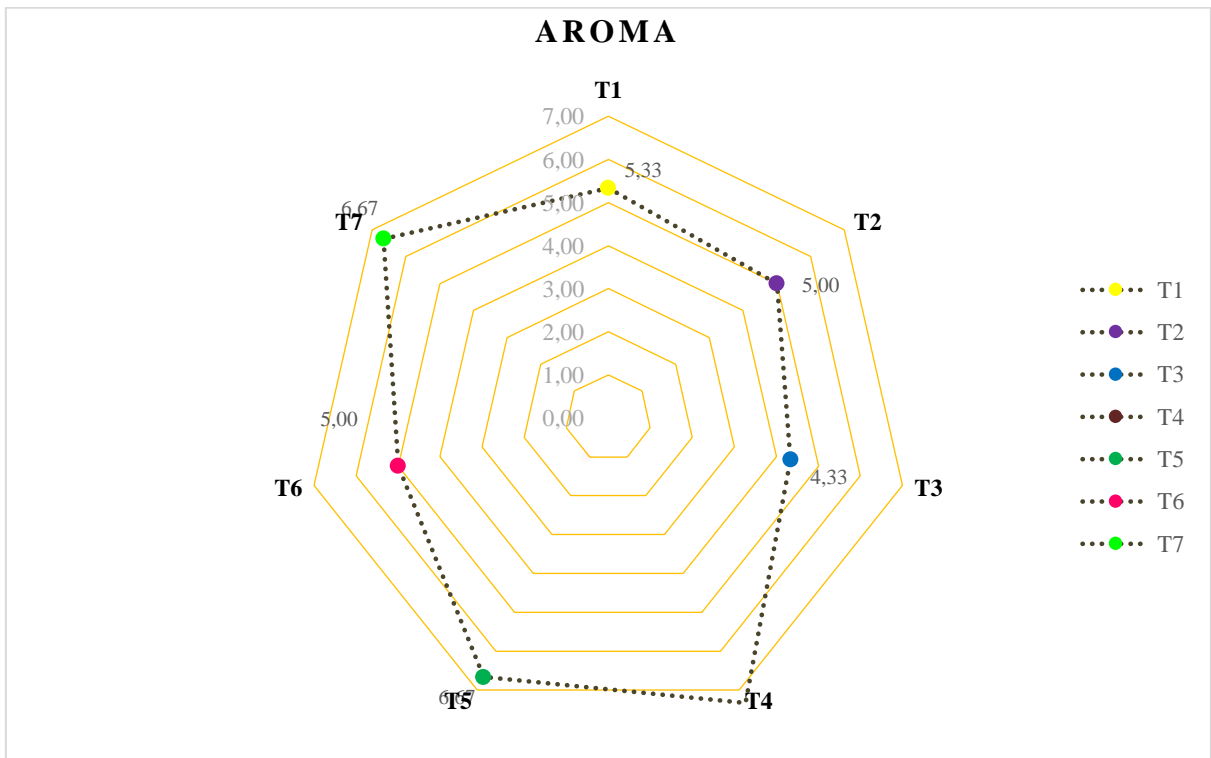
Elaborado por: Medina, D. (2020)

Los resultados obtenidos en el análisis sensorial de astringencia (Gráfico 23), reportan que los tratamientos T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza) y T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) tienen mayor aceptación ya que mantienen los valores más altos en la catación. El tratamiento con menor aceptación fue T5 (0,250 % de Levaduras + sin melazas).

4.1.3.2. Resultado de análisis sensorial de la fermentación con enzimas (*Polifenol Oxidasa* y *pectinatranseliminasa*).

En los gráficos 24, 25, 26 y 27 se presentan los resultados correspondientes al análisis sensorial (aroma, sabor, amargor y astringencia) aplicado a los diferentes tratamientos de fermentación con *Polifenol Oxidasa* y *pectinatranseliminasa*.

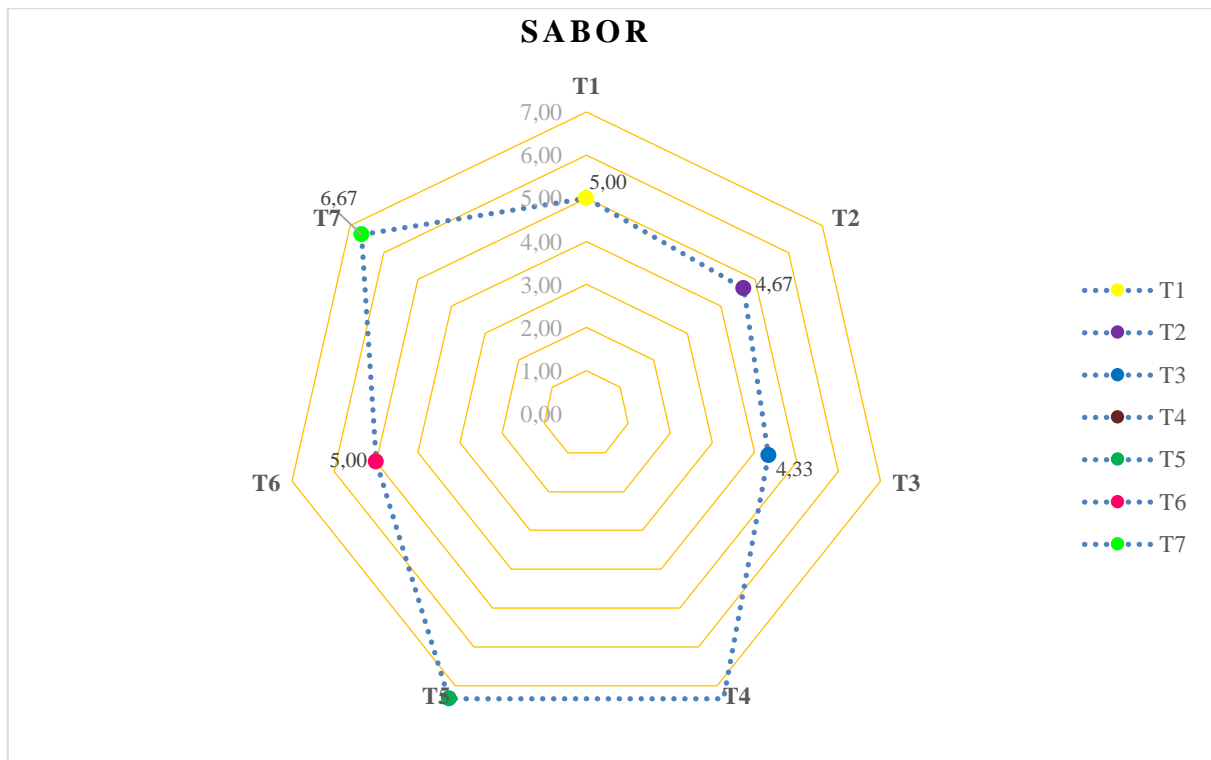
Gráfico 24. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica aroma del plan experimental (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)



Elaborado por: Medina, D. (2020)

De acuerdo a los resultados reportados en el gráfico 24, el tratamiento con mayor aceptación por su aroma es el T4 (0,45 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*), mientras que el tratamiento con menor aceptación fue T3 (0,30 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*).

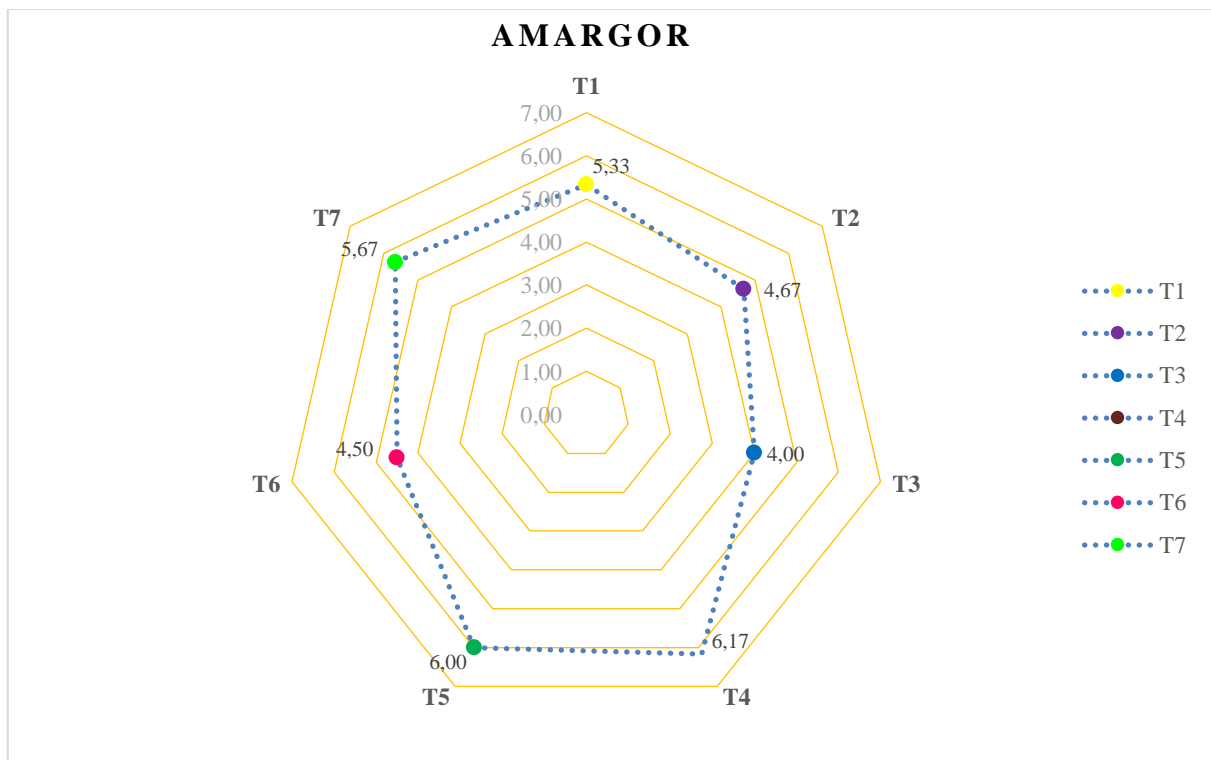
Gráfico 25. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica sabor del plan experimental (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)



Elaborado por: Medina, D. (2020)

En el gráfico 25 se presenta los resultados reportados en el análisis sensorial del sabor, en el cual se reporta que los tratamientos T4 (0,45 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*) y T5 (0,15 % de *Pectinatranseliminasa*), presentan los mismos valores (7,33) ya que los catadores coincidieron en darles mayor aceptabilidad, mientras que el tratamiento con menor aceptación fue T3 (0,30 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*).

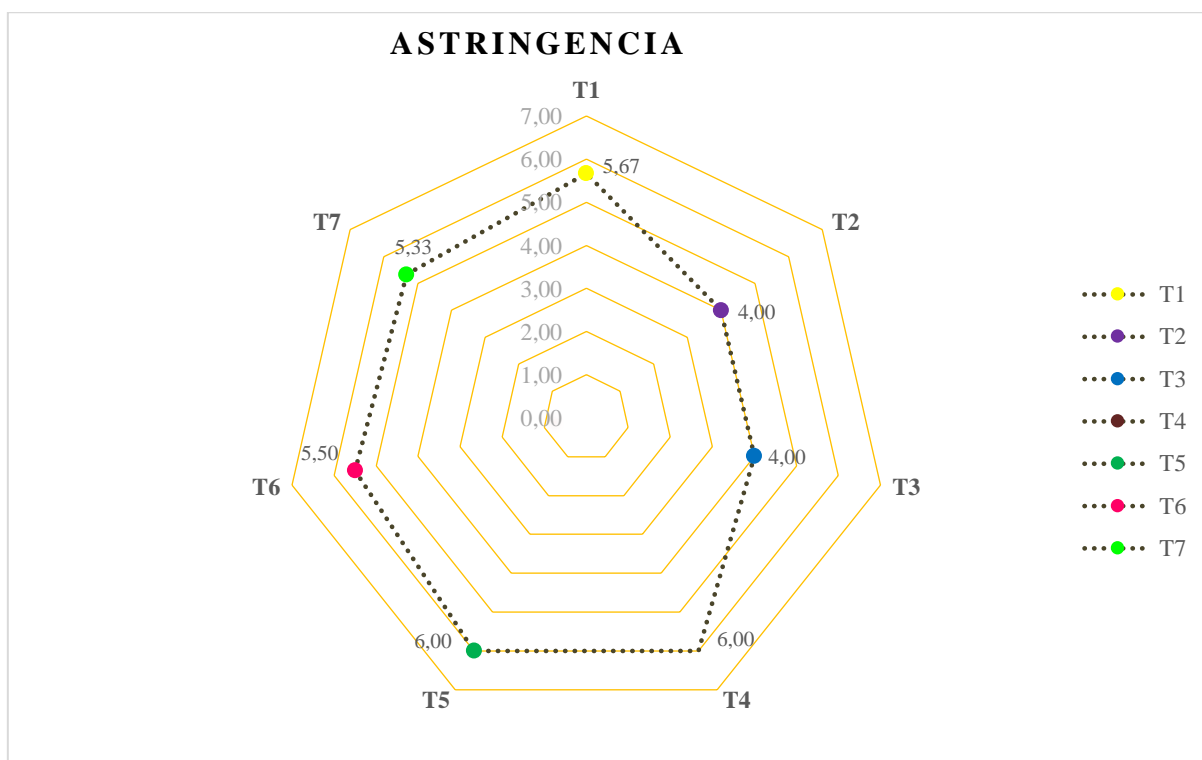
Gráfico 26. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica amargor del plan experimental (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)



Elaborado por: Medina, D. (2020)

El análisis del amargor del chocolate, reportado en el gráfico 26 refiere que el tratamiento con mayor aceptabilidad es el T4 (0,45 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*) y el tratamiento con menor aceptación fue T3 (0,30 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*).

Gráfico 27. Resultados del análisis sensorial correspondiente a la característica astringencia del plan experimental (*Polifenol Oxidasa* y *Pectinatranseliminasa*)



Elaborado por: Medina, D. (2020)

Los resultados del análisis sensorial de la astringencia reportan que los catadores coincidieron en otorgar mayor aceptabilidad a los tratamientos T4 (0,45 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*), y T5 (0,15 % de *Pectinatranseliminasa*), mientras que los tratamientos con menor aceptabilidad fueron T2 (0,15 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*) y T3 (0,30 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*).

4.2. Discusión de resultados.

Es pertinente considerar que la fermentación es la fase más importante e indispensable durante el procesamiento del cacao, puesto que en ella se producen ciertos cambios a nivel bioquímico que son los precursores del aroma y sabor característico, lo que determina su calidad física y química [37]. De acuerdo a [38], la literatura consultada refiere que el cacao fino de aroma, al ser genéticamente puro, requiere un mínimo dos días de fermentación [39].

Los análisis físicos de los tratamientos establecidos con a) Levaduras- Melaza y b) Enzimas, permite identificar y discutir los siguientes resultados:

- En la tabla 12 se mencionan diferentes tonalidades para evaluar el corte de la almendra de cacao. Los resultados obtenidos validan los colores referidos, ya que las mazorcas de cacao mantuvieron la tonalidad marrón o café que identifica una buena fermentación. [38] refiere que el cambio de tonalidades y la calidad es directamente proporcional al tiempo de fermentación. Reporta cambios de café oscuro a tonalidades blancas a partir del quinto día de fermentación.
- En el análisis de prueba de corte aplicado a ambos diseños, se observa que el T4 con 0,125% de levadura x con melaza (Gráfico 2) presenta mayor cantidad y calidad de almendras de cacao con una buena fermentación (55,56%) y no hay presencia de almendras pizarrosas y con moho. El tratamiento con *Polifenol Oxidasa* y *pectinatranseliminasa* presenta un 47,78% de buena fermentación (Gráfico 11).

Los macroorganismos presentes en la levadura influyen significativamente en el incremento de la temperatura y el proceso de fermentación [40] [41]. El trabajo expuesto por Guevara aplicando (Levadura madre + manzana), refiere que los tratamientos no demostraron diferencias estadísticas entre sí a partir de las 96 horas de fermentación y que la levadura madre influye significativamente en el proceso de fermentación, ya que ayuda a incrementar la temperatura.

En esta investigación se mantuvo temperaturas que oscilaron entre 37 y 40 °C.[38] refiere que existe una tendencia a incrementar la temperatura, partiendo de alrededor de 29 °C hasta que llega a su límite máximo de 42 y 44°C el día 5 del proceso de fermentación y luego empieza a disminuir hasta 41 y 42°C en el séptimo día del proceso, existiendo una tendencia clara al cambio de color mientras el tiempo de fermentación es mayor. Los datos obtenidos de la prueba de corte dieron como resultado que a partir del día 5, el cacao está

en un nivel correcto de fermentación, sugiriendo 6 días como el periodo de tiempo ideal para fermentar cacao fino de aroma.

[42], en base al análisis de la fracción aromática volátil concluyen que la fermentación ideal para esta variedad de cacao es de 4 a 5 días, sin embargo, [39] refiere que se requiere de tres a cinco días para activar los precursores del sabor.

- El porcentaje óptimo de testa correspondió al tratamiento: T5 (0,15% de Pectinatranseliminasa), el cual contribuyó a un desprendimiento rápido de la testa; seguido por los tratamientos: T4 (0,125% levadura x con melaza), T7 (0,5% de levadura x sin melaza) referidos en el gráfico 3 y T6 (0,30% de Pectinatranseliminasa) con el 19,33% (Gráfico 12).

La enzima pectinatranseliminasa es muy utilizada para eliminar el mucilago del café [23] lo que pudo incidir en la eliminación del mucilago del cacao.

- En esta investigación se consideró que, para obtener un chocolate de calidad, el pH debe ser mayor a 5,5. En el gráfico 13, se reporta el pH de la testa de la almendra de cacao alcanzado al sexto día del proceso. Se demostró que el T7 (0,45% pectinatranseliminasa) es el más óptimo, ya que mantiene el pH más alto (7,49) respecto a los demás tratamientos, lo cual permite un mejor desprendimiento de la testa. El tratamiento T5 (0,250% levadura x sin melaza) presenta un pH de 6,74 (Gráfico 4).

Se ha reportado valores entre 5.1 a 5.4 como pH óptimo para obtener un cacao de calidad [41] y se ha establecido que cualquier pH menor a 5.0 es indicador de la presencia de ácidos no volátiles que pueden llegar a proporcionarle al cacao aromas y sabores desagradables[32]. El estudio de [34] refiere que la enzima presente en la pulpa de aguacate determino que el pH del tratamiento T5 (*Saccharomices cerviceae* + aguacate) obtuvo el mayor valor de pH con 5,71.

[38] informa valores decrecientes en el pH de 5,5 a 2,8 en el quinto día del proceso, con valores estables durante el sexto y séptimo día, lo que refiere un adecuado proceso de fermentación. [43], menciona que las reacciones microbiológicas y enzimáticas de la fermentación conllevan a la producción de ácidos, los cuales hacen que el pH disminuya con el paso del tiempo y condicionan una adecuada fermentación. [39] informa un pH de 6,11 aplicando 1 gramo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) por cada 100 gramos de muestras de granos de cacao, 5,94 con el tratamiento de 0,5 gramos y 5,71 sin agentes de fermentación.

Los resultados expuestos confirman que la aplicación de levaduras en el proceso de fermentación, influyen en la temperatura y la adecuada fermentación de la almendra de cacao.

- En el gráfico 14 se demuestra que el tratamiento más óptimo en el pH (6,23) del cotiledón corresponde al T7 (0,45% *pectinatranseliminasa*), seguido del T1 que corresponde al tratamiento testigo (con melaza y sin levadura) con el valor de 5,68 en el T1.
- Se identificó que el T2 (0% levadura x con melaza) alcanzó la mayor pérdida (5,80%) de humedad (Gráfico 6), seguido del T2 (0,15% polifenol oxidasa) con 7,60 de humedad (Gráfico 15).

En los resultados obtenidos por [38] se reporta valores constantes en el contenido de humedad durante el proceso de fermentación del cacao y diferencias significativas en el cacao fermentado al sexto y séptimo día. No indica de manera exacta la cantidad de humedad perdida y no lo consideró como un factor determinante en la elección de las muestras para el análisis sensorial.

[39] informa valores (media) de 6,53 y 6,29 aplicando 0,5 y 1 gramos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) por cada 100 gramos de cacao, respectivamente.

A continuación, se presenta la discusión de los resultados obtenidos en los análisis químicos de los tratamientos establecidos con a) Levaduras- Melaza y b) Enzimas, según se indica:

- El análisis de la acidez titulable reporta en el gráfico 7, que el mejor tratamiento es el T2 (0% levadura x con melaza) con un porcentaje del 0,1456%, seguido del T4 con 0,1359% (0,45% *pectinatranseliminasa*) referida en el gráfico 16.

[34] refiere que los tratamientos T1 (Levadura madre + manzana), T4 (*S. cereviceae* + manzana) y T7 (testigo), presentan valores de 2,5 en acidez. [21] valores de 3,02 en el blanco, 2,75 con *polifenoloxidasas* proveniente de la piña (PPO) y 2,92 con enzima endo/exopeptídica Prozyn.

- Se determinó muy baja presencia de ceniza en el T2 (0,15% polifenol oxidasa), considerado como el tratamiento óptimo, alcanzando el 3,56% de material inorgánico (Gráfico 17), seguido del T5 (0,250 levadura x sin melaza con 3,483%, lo que demuestra que no existe mayor variabilidad entre los dos tratamientos utilizados.
- El T5 (0,250 levadura x sin melaza) contiene el mayor porcentaje de proteína seca (24,77%) y, 23,23% en proteína húmeda (Gráfico 9). El T4 (0,45% *pectinatranseliminasa*) presentó el 20,72% en proteína húmeda y 22,59% en proteína seca (Gráfico 18).
- La literatura ha referido que el contenido graso es una variable de importancia para determinar la calidad de sabores y aromas. El T4 (0,45% *pectinatranseliminasa*) presentó el 37,24% en grasa seca y 34,25 en grasa húmeda (Gráfico 19), seguida del T7 (0,5% levadura x sin melaza) con el 31,93% de grasa húmeda y 29,97% en grasa seca (Gráfico 10).

[38], menciona que el alto contenido de manteca de cacao influye de gran manera en la apariencia del producto final ya que el resultado es un producto con mayor brillo que el chocolate negro comercial. El promedio de las muestras analizadas mantuvo valores menores al 5%, lo que pudo haber aumentado la dificultad de mantener una emulsión estable. [39] informa el 49,3% de grasas aplicando 0,5 gramos de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) por cada 100 gramos de cacao, 48,7 con 1 gramo y 49,9 sin agentes de fermentación. La norma INEN [44] permite un contenido de humedad de hasta el 7% mientras que el promedio de las muestras analizadas en el presente trabajo es menor al 5%. Lo que pudo haber aumentado la dificultad de mantener una emulsión estable.

Se realizó el análisis sensorial a todas las muestras elaboradas en los diferentes tratamientos. Según el reporte de [15] el perfil sensorial del cacao puede variar en función de la genética de cada árbol, la segregación general de la plantación de las huertas tradicionales y la interacción genotipo-ambiente que le confiere una diversidad de alternativas en la industria del chocolate mediante el desarrollo de nuevas recetas y marcas comerciales. [21] reportan que el tratamiento Prozyn con actividad endo/exopeptídica es el que otorga mejores cualidades sensoriales.

Los resultados obtenidos en el análisis sensorial de los tratamientos con a) Levaduras-Melaza y b) Enzimas, se detallan a continuación:

- El T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza), seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) mantiene los valores más altos de calidad de aroma en la catación; 8,67 y 7,83, respectivamente (Gráfico 20), seguida del T4 (0,45 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*) con el valor de 7,33 (Gráfico 24).

La prueba organoléptica demostró que el tratamiento T3 (*S. cerviceae* + Pulpa de aguacate) presento mejores atributos en “cacao arriba” y “cacao” y el testigo con atributo “floral” [34]. Otros resultados refieren valores de la media en 2,3 para el blanco, 2,5 con PPO y 2,7 con Prozyn [21].

- En relación al sabor, el tratamiento con mayor aceptación es el T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza) con el valor de 8,67, seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) con 7,50 (Gráfico 21). Los tratamientos T4 (0,45 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*) y T5 (0,15 % de *Pectinatranseliminasa*), presentan el valor de 7,33 (Gráfico 25).

[34] reporta que las muestras procedentes de los tratamientos con una mejor calidad fermentativa desarrollaron una expresión más intensa del sabor a cacao y otras notas sensoriales típicas de los cacaos finos o de aroma como sabor frutal, arriba o nuez. [45] refiere que las diferencias en la calidad de la fermentación podrían explicar las correlaciones positivas entre el sabor a cacao con floral, frutal y nuez; así como que los árboles de genotipo nacional utilizados también inciden en las características organolépticas. En esta investigación se utilizó cacao nacional, lo que pudo incidir en los resultados obtenidos.

- El tratamiento con mayor aceptabilidad de amargor es el T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza) con un valor de 9, seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) con 8,50 (Gráfico 22), seguido por el T4 (0,45 % de Enzimas *Polifenol Oxidasa*) con un valor de 6,17 (Gráfico 26).

Los resultados de astringencia reportados por [34] oscilan valores entre 1,5 a 3,0, correspondiendo el mayor valor (3,0) al tratamiento T4 (*S. cerviceae* + manzana). [38] informa que las muestras mantenidas durante dos a cinco días de fermentación, no presentan diferencias significativas entre ellas. Las muestras seleccionadas del sexto y séptimo día no presentan diferencias significativas en la aceptabilidad sensorial del chocolate amargo.

CAPÍTULO V.
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

De acuerdo a los resultados obtenidos se plantean las siguientes conclusiones:

- El análisis comparativo demuestra que la aplicación de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la etapa de postcosecha si modificó las características físicas, químicas y sus atributos organolépticos. Obteniendo resultados favorables en cuanto a: humedad, prueba de corte, acidez; al igual que en el análisis sensorial. En el caso de las enzimas *Polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa* no modifica o mejora la calidad del cacao en cuanto a la prueba de corte, humedad, acidez, cenizas y proteínas, pero si en el caso del porcentaje de testa, pH de testa y cotiledón.
- Se identificó las características físicas de las almendras de cacao fermentadas de los diferentes tratamientos, teniendo como mejores resultados en la prueba de corte, el T4 (0,125% de levadura x con melaza) debido a que presenta una buena fermentación (55,56%) en relación a los otros tratamientos. El porcentaje óptimo de testa correspondió al tratamiento T5 (0,15% de *Pectinatranseliminasa*), logrando un desprendimiento rápido de la testa. El T7 (0,45% *pectinatranseliminasa*) mantiene el pH más alto (7,49) en la testa de almendra y de 6,23 en el cotiledón. El T2 (0% levadura x con melaza) alcanzó la mayor pérdida de humedad.
- Se determinó las características químicas de las almendras de cacao fermentadas, dando como resultados favorables los tratamientos: T2 (0% levadura x con melaza) con el 0,1456%. (0% levadura x con melaza) con el 0,1456%, en cuanto a la acidez titulable, El T2 (0,15% *polifenol oxidasa*) alcanzó el 3,56% de material inorgánico con una baja presencia de ceniza. El T5 (0,250 levadura x sin melaza) contiene el mayor porcentaje de proteína seca (24,77%) y, 23,23% en proteína húmeda. El T4 (0,45% *pectinatranseliminasa*) presentó el 37,24% en grasa seca y 34,25 en grasa húmeda.
- Los resultados obtenidos en las pruebas sensoriales permiten corroborar que parte de las mejoras obtenidas en las pruebas fisicoquímicas se corresponden con mejores resultados de aceptación como en los casos de las muestras T6 (0,250 % de Levaduras + con melaza), seguido del T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) mantiene los valores más altos de calidad de aroma en la catación; 8,67 y 7,83, siendo este último T4 (0,125 % de Levaduras + con melaza) el que tuvo mejor fermentación. Para ambos tratamientos (Levaduras + con melaza) se obtuvieron los mejores resultados de la prueba sensorial respectivamente. Para los tratamientos con *pectinatranseliminasa*, el T4 (0,45% *pectinatranseliminasa*) obtuvo los mejores resultados de las pruebas

sensoriales en la catación del aroma, sabor y aceptabilidad de amargor lo que se corresponde con mejoras en la calidad de sus propiedades fisicoquímica como es el caso de su contenido graso.

5.2. Recomendaciones.

Las conclusiones referidas permiten identificar las siguientes recomendaciones:

- Promover un control adecuado en el proceso de postcosecha del cacao con el fin de garantizar materia prima de calidad.
- Ejecutar nuevos estudios de fermentación para evaluar las características sensoriales de los granos de cacao nacional mediante la aplicación de otras enzimas de origen natural, con diferentes periodos de fermentación y dosis superiores a las evaluadas en esta y otras investigaciones.
- Realizar nuevos estudios sensoriales que permitan tener mayor información que permita diseñar un perfil sensorial con mayor rigurosidad para promover el desarrollo de productos con mayor calidad.
- Evaluar la relación Beneficio/Costo de los tratamientos utilizados, de tal manera que facilite la selección del proceso más adecuado que garantice rentabilidad al productor de chocolate.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

- [1] E. O. Afoakwa, A. Paterson, M. Fowler, and A. Ryan, “Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate : A Critical Review Access details : Access Details : [subscription number 789211765] Critical Reviews in Food Science and Nutrition Flavor Formation and Character in Cocoa and Chocolate : A Critical,” *Crit. Rev. FoodScience andNutrition*, 48840–857, vol. 48, no. November 2008, pp. 840–857, 2014, doi: 10.1080/10408390701719272.
- [2] E. O. Afoakwa, P. Boeckx, K. Dewettinck, P. Boeckx, and K. Dewettinck, “Factors influencing quality variation in cocoa (*Theobroma cacao*) bean flavour profile - A review,” *Food Res. Int.*, vol. 82, no. May, pp. 44–52, 2016, doi: 10.1016/j.foodres.2016.01.012.
- [3] A. Costa, C. Entzminger, A. Fredericq, M. Gilmour, R. Matissek, and S. Quintana, “Cocoa Beans : Chocolate & Cocoa Industry Quality Requirements,” 2015.
- [4] M. Apriyanto and E. Harmayani, “Study on effect of fermentation to the quality parameter of cocoa bean in Indonesia,” *Agric. Res. Commun. Centrentre*, vol. 35, no. 2, pp. 160–163, 2016, doi: 10.18805/ajdfr.v35i2.10724.
- [5] C. Y. Erazo Gavilanez, *Diseño de un fermentdor y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (Theobroma cacao), en el cantón El Empalmen, provincia Guayas*. 2019.
- [6] Corporación Financiera Nacional, “Ficha Sectorial: Cacao y Chocolate GDGE-Subg. de análisis de información,” p. 30, 2018.
- [7] F. Amores, A. Palacios, J. Jiménez, and D. Zhang, “INIAP - Estación Experimental Pichilingue,” p. 100, 2009.
- [8] Sinagap, “Boletin Situacional - Cacao,” Quito, 2015.
- [9] K. E. Llerena Arboleda and Z. B. Uriña Gómez, “Uso de Cultivos Iniciadores (Starter) en la Fermentación de Cacao Tipo Nacional Clon 103 y CCN51 en la Estación Pichilingue ubicada en Quevedo - Provincia de los Ríos,” no. 48, p. 88040, 2007.
- [10] R. Erazo and L. Mendoza, “Evaluación de la aplicación de *Lactobacillus fermentum* y *Acetobacter aceti*, en la fermentación del cacao CCN-51 y su efecto en la calidad

- de las almendras,” pp. 1–110, 2015.
- [11] L. A. Torres Gutiérrez, “Manual de producción de cacao fino de aroma a través de manejo ecológico,” Universidad de Cuencia, 2012.
- [12] E. E. Pérez García, “Generalidades del cacao (*Theobroma cacao* L .), usos y aplicaciones en la Industria Alimentaria,” Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro, 2006.
- [13] Y. C. Erazo Gavilánez, ““Diseño de un fermentador y secador solar piloto, para dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L), en el cantón El Empalme provincia Guayas,” UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, 2019.
- [14] N. Bradie, F. Bekele, E. Sikora, and M. Sikora, “Aspectos de agronomía, calidad, nutrición y salud del cacao,” *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 55, 2015, doi: 10.1080/10408398.2012.669428.
- [15] E. Solórzano Chavez, C. Nicklin, F. Amores Puyutaxi, J. Jiménez Barragan, and S. Barzola Miranda, “Comparación sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional fino de aroma cultivado en diferentes zonas del Ecuador,” *Cienc. y Tecnol.*, vol. 8, no. 1, p. 37, 2015, doi: 10.18779/cyt.v8i1.198.
- [16] S. M. Yépez Villareal, “Plan de Negocios para la Producción y Exportación de Chocolate Orgánico relleno de Frutas Exóticas Trabajo,” 2011.
- [17] ANECACAO, “Exportación Ecuatoriana de Cacao. Estadísticas de Exportación,” 2016.
- [18] M. Perez and J. Contreras, “Instructivo de Buenas Practicas Cosecha y Poscosecha.,” *Swiss Contact Colomb.*, 2017.
- [19] W. Teneda, “Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao,” 2016.
- [20] S. Beckett, *Industrial Chocolate Manufacture and Uses*. 2009.
- [21] A. Navia and N. Pazmiño, “ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción Previo a la obtención del Título de : INGENIEROS DE ALIMENTOS Presentada por : Abel Andrés Navia Orcés Natalie Valeria Pazmiño Piedra GUAYAQUIL – ECUAD,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL Facultad, 2012.

- [22] F. Amores, A. Palacios, J. Jiménez, and D. Zhang, “Entorno ambiental, genética, atributos de calidad y singularización del cacao en el Nor Oriente de la provincia de Esmeraldas,” 2009.
- [23] D. Romer, “Uso de enzimas en el beneficio del café.”
- [24] J. De La Cruz, M. . Vargas, and O. . Del Angel, “Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). CACAO: Operaciones Poscosecha,” pp. 1–78, 2009.
- [25] CAMINO VERDE, “The Taste of Quality BALAO-ECUADOR,” p. 18.
- [26] J. H. Lopez, “Manejo poscosecha de frutas y hortalizas,” *Manejo poscosecha frutas y hortalizas*, p. 86, 2000.
- [27] G. Cubillos, G. Merizalde, and E. Correa, “Manual de beneficio del cacao,” p. 29, 2008.
- [28] C. Suárez-machín, N. A. Garrido-carralero, and C. A. Guevara-rodríguez, “Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica,” *ICIDCA. Sobre los Deriv. la Caña Azúcar*, vol. 50, no. 1, pp. 20–28, 2016.
- [29] S. Badui Dergal, *Salvador Badui Dergal*. 2006.
- [30] J. Morante Carriel, A. Agnieszka Obrebska, J. E. Nieto Rodríguez, M. S. Carranza Patiño, R. Pico-Saltos, and R. Bru-Martínez, “Distribución, Localización E Inhibidores De Las Polifenol Oxidasas En Frutos Y Vegetales Usados Como Alimento,” *Cienc. y Tecnol.*, vol. 7, no. 1, pp. 23–31, 2014, doi: 10.18779/cyt.v7i1.95.
- [31] A. G. Otárola, “Efecto de la enzima pectolítica y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación y calidad del cacao Var. criollo (*Theobroma cacao*),” p. 202, 2018.
- [32] A. A. Navia Orcés and N. V. Pazmiño Piedra, “Mejoramiento de las Características Sensoriales del Cacao CCN51 a través de la Adición de Enzimas durante el Proceso de Fermentación,” *Rev. Amaz. Cienc. y Tecnol.*, vol. 5, pp. 169–181, 2012.
- [33] A. R. Escobar, M. De Jes, and D. Morete, “Mejoramiento Del Sistema De Calidad

- Del Cacao Fino De Aroma En El Proceso De Post Cosecha De La Región Tumbes,” 2010.
- [34] K. Guevara, ““ADICIÓN DE ENZIMAS Y LEVADURAS SOBRE LOS CAMBIOS QUÍMICOS Y ORGANOLÉPTICOS DEL CACAO (Theobroma cacao L) CLON CCN-51.,”” p. 172, 2017.
- [35] M. Maisincho, “Fermentación de cacao (Theobroma cacao) variedad CCN-51 inoculando Acetobacter,” Universidad Técnica de Ambato, 2006.
- [36] C. Stevenson, J. Corven, and G. Villanueva, “Manual-Para-El-Analisis-en-Laboratorio-Del-Cacao,” 1993.
- [37] R. D. Rivera Fernández *et al.*, “Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (Theobroma cacao L.) Tipo Nacional,” *Cienc. y Tecnol.*, pp. 7–12, 2012.
- [38] G. Tamayo, *Estudio de las propiedades físico-químicas y sensoriales del chocolate a partir de cacao fino de aroma con diferentes tiempos de fermentación.* 2015.
- [39] A. El Salous, “Acceleration of cocoa fermentation through the action of bacteria (Acetobacter aceti) and yeast (Saccharomyces cerevisiae),” *Espirales Rev. Multidiscip. Investig.*, vol. 3, no. 28, p. 1, 2019, doi: 10.31876/er.v3i28.572.
- [40] Robinson López-Monzón, “Desarrollo De Un Modelo Matemático Para La Fermentación Del Cacao Criollo Blanco,” p. 100, 2016.
- [41] C. Álvarez *et al.*, “Evaluación de la calidad comercial del grano de cacao (Theobroma cacao L.) usando dos tipos de fermentadores,” *Rev. Científica UDO Agrícola*, vol. 10, no. 1, pp. 76–87, 2010.
- [42] I. Agropecuarias, E. T. Pichilingue, and P. O. Box, “INFLUENCIA DEL TIEMPO DE FERMENTACION Y EL TOSTADO SOBRE EL DESARROLLO DE COMPUESTOS AROMATICOS ASOCIADOS AL SABOR A CHOCOLATE EN ALMENDRAS DE CACAO DE LA VARIEDAD NACIONAL,” *Rev. Cienc. e Investig.*, vol. 1, no. 4, pp. 13–16, 2006.
- [43] M. A. Arvelo Sánchez, D. González León, S. Maroto Arce, T. Delgado López, and P. Montoya López, *Manual técnico del cultivo de cacao Buenas prácticas para América Latina.* 2017.

- [44] INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización), “Granos de cacao. Requisitos NTE INEN 176-5,” p. 8, 2018.
- [45] D. Párraga, “CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICAS Y SENSORIAL DE QUINCE CLONES DE CACAO (*Theobroma cacao* L.) TIPO NACIONAL EN ALMENDRAS FERMENTADAS Y SECAS PARA OBTENCIÓN DE PASTA DE CACAO,” 2013.

CAPÍTULO VII.
ANEXOS

**Anexo 1. Datos de los análisis físicos de los tratamientos del cacao fermentado
(Levadura y melaza)**

Tratamientos	Repeticiones	% Testa	pH testa	pH cotiledón	Humedad
1	1	18,67	6,05	5,65	6,36
1	2	16,67	6,34	5,52	6,14
1	3	16,67	6,40	5,88	6,04
2	1	18,67	6,67	5,30	5,73
2	2	16,67	6,39	5,39	5,83
2	3	16,67	6,82	5,87	5,85
3	1	21,33	6,53	5,64	5,58
3	2	16,67	6,56	5,01	6,08
3	3	16,67	6,24	5,78	6,52
4	1	18,33	6,34	5,76	5,88
4	2	21,00	6,24	5,53	5,90
4	3	18,67	6,10	5,34	6,49
5	1	18,33	6,87	5,05	6,04
5	2	18,67	6,87	5,21	6,25
5	3	18,67	6,48	5,76	6,57
6	1	18,33	6,87	5,05	6,04
6	2	20,33	6,15	5,72	6,04
6	3	18,33	6,34	5,87	6,13
7	1	21,00	6,77	5,20	6,10
7	2	18,33	6,23	5,34	6,04
7	3	18,67	6,07	5,77	6,32
8	1	16,67	6,30	5,01	6,20
8	2	16,67	6,30	5,01	6,20
8	3	19,00	6,57	5,78	6,43

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 2. Datos del análisis de prueba de corte en los tratamientos del cacao fermentado (Levadura y melaza)

Tratamientos	Repeticiones	Pizarrosas	Buena Fermentación	Fermentación buena a ligeramente baja	Baja Fermentación	Sobre fermentación	Presencia de Mohos
1	1	6,67	66,67	13,33	10,00	3,33	0,00
1	2	0,00	43,33	20,00	33,33	3,33	0,00
1	3	6,67	46,67	20,00	16,67	10,00	0,00
2	1	3,33	40,00	16,67	36,67	3,33	0,00
2	2	0,00	56,67	16,67	20,00	6,67	0,00
2	3	6,67	43,33	23,33	16,67	10,00	0,00
3	1	3,33	43,33	16,67	20,00	16,67	0,00
3	2	3,33	50,00	20,00	16,67	10,00	0,00
3	3	3,33	63,33	23,33	10,00	0,00	0,00
4	1	0,00	56,67	20,00	16,67	6,67	0,00
4	2	0,00	60,00	16,67	16,67	6,67	0,00
4	3	0,00	50,00	26,67	20,00	3,33	0,00
5	1	0,00	50,00	16,67	26,67	6,67	0,00
5	2	6,67	40,00	26,67	16,67	10,00	0,00
5	3	0,00	53,33	33,33	6,67	6,67	0,00
6	1	0,00	43,33	16,67	23,33	16,67	0,00
6	2	3,33	63,33	23,33	10,00	0,00	0,00
6	3	0,00	40,00	23,33	26,67	10,00	0,00
7	1	3,33	43,33	26,67	23,33	3,33	0,00
7	2	3,33	40,00	23,33	20,00	13,33	0,00
7	3	0,00	60,00	20,00	13,33	6,67	0,00
8	1	0,00	60,00	23,33	13,33	3,33	0,00
8	2	0,00	40,00	26,67	20,00	10,00	3,33
8	3	0,00	40,00	30,00	20,00	10,00	0,00

Elaborado por: Medina, D. (2020)

**Anexo 3. Datos de los análisis químicos de los tratamientos del cacao fermentado
(Levadura y melaza)**

Tratamientos	Repeticiones	Acidez	Cenizas	Proteína (H)	Proteína (S)	Grasa (H)	Grasa (S)
1	1	0,1337	3,48	21,65	23,12	26,86	28,68
1	2	0,1332	3,70	22,65	24,13	25,52	27,19
1	3	0,1339	3,32	23,14	24,63	25,38	27,01
2	1	0,1473	3,54	19,38	20,56	28,81	30,56
2	2	0,1444	3,93	23,18	24,62	28,17	29,91
2	3	0,1452	3,79	20,74	22,03	28,53	30,30
3	1	0,1426	3,37	20,72	21,94	27,12	28,72
3	2	0,1384	4,30	22,36	23,81	27,98	29,79
3	3	0,1399	3,40	22,33	23,89	27,88	29,82
4	1	0,1581	3,80	22,35	23,75	28,58	30,37
4	2	0,1232	4,01	21,70	23,06	27,58	29,31
4	3	0,1399	3,69	22,15	23,69	28,21	30,17
5	1	0,1119	3,39	22,61	24,02	30,13	32,01
5	2	0,1475	3,58	23,83	25,42	28,23	30,11
5	3	0,1506	3,49	23,25	24,88	30,66	32,82
6	1	0,1119	3,39	21,73	23,13	29,37	31,26
6	2	0,1034	3,71	21,72	23,12	28,02	29,82
6	3	0,1072	3,65	23,20	24,72	28,50	30,36
7	1	0,1542	2,86	22,66	24,13	30,08	32,03
7	2	0,1084	3,47	22,61	24,06	28,77	30,62
7	3	0,1323	4,84	22,31	23,82	31,05	33,15
8	1	0,1385	4,07	22,26	23,62	28,73	30,49
8	2	0,1385	4,07	23,27	24,81	27,87	29,71
8	3	0,1521	3,64	22,61	24,16	32,08	34,28

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 4. Datos de los análisis físicos de los tratamientos del cacao fermentado con enzimas (PPO - Pectinatranseliminasa)

Tratamientos	Repeticiones	% Testa	pH testa	pH cotiledón	Humedad
1	1	20,00	7,32	6,01	8,37
1	2	17,00	7,02	6,05	9,07
1	3	15,67	6,63	5,82	7,35
2	1	19,67	6,85	5,83	8,23
2	2	18,00	7,01	6,16	8,22
2	3	16,33	7,19	5,74	6,34
3	1	19,00	7,13	5,97	8,56
3	2	18,00	7,01	6,16	9,48
3	3	18,33	5,57	4,92	6,90
4	1	18,33	7,19	5,99	8,05
4	2	19,00	6,95	6,04	8,97
4	3	16,33	6,75	5,66	7,86
5	1	22,00	6,92	5,94	9,05
5	2	18,67	6,97	5,92	9,89
5	3	17,67	6,31	5,46	6,99
6	1	22,00	7,18	5,91	9,92
6	2	17,67	7,76	6,43	9,95
6	3	18,33	7,41	5,96	7,25
7	1	20,33	7,26	6,05	9,39
7	2	16,67	7,80	6,33	9,54
7	3	17,33	7,42	6,31	6,85

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 5. Datos del análisis de prueba de corte en los tratamientos del cacao fermentado con enzimas (PPO - Pectinatranseliminasa)

Tratamientos	Repeticiones	Pizarrosas	Buena Fermentación	Fermentación buena a ligeramente baja	Baja Fermentación	Sobre fermentación	Presencia de Mohos
1	1	0,00	46,67	23,33	16,67	10,00	3,33
1	2	0,00	36,67	23,33	23,33	16,67	0,00
1	3	3,33	56,67	13,33	26,67	0,00	0,00
2	1	0,00	23,33	40,00	13,33	23,33	0,00
2	2	0,00	56,67	26,67	16,67	0,00	0,00
2	3	3,33	50,00	10,00	23,33	10,00	3,33
3	1	0,00	20,00	40,00	10,00	20,00	10,00
3	2	0,00	50,00	16,67	10,00	23,33	0,00
3	3	0,00	43,33	20,00	26,67	10,00	0,00
4	1	3,33	33,33	33,33	10,00	20,00	0,00
4	2	0,00	53,33	13,33	23,33	10,00	0,00
4	3	0,00	40,00	10,00	33,33	16,67	0,00
5	1	3,33	30,00	40,00	6,67	16,67	3,33
5	2	3,33	46,67	13,33	20,00	16,67	0,00
5	3	0,00	43,33	20,00	16,67	20,00	0,00
6	1	3,33	40,00	23,33	16,67	10,00	6,67
6	2	3,33	46,67	20,00	6,67	23,33	0,00
6	3	0,00	53,33	13,33	20,00	10,00	3,33
7	1	0,00	36,67	23,33	20,00	16,67	3,33
7	2	3,33	46,67	30,00	3,33	16,67	0,00
7	3	0,00	60,00	16,67	0,00	16,67	6,67

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 6. Datos de los análisis químicos de los tratamientos del cacao fermentado con enzimas (PPO - Pectinatranseliminasa)

Tratamientos	Repeticiones	Acidez	Cenizas	Proteína (H)	Proteína (S)	Grasa (H)	Grasa (S)
1	1	3,77	0,1306	20,85	22,75	31,69	34,59
1	2	3,82	0,1029	19,04	20,94	32,18	35,39
1	3	3,55	0,1167	18,19	19,63	33,12	35,75
2	1	3,55	0,1167	21,23	23,13	31,13	33,92
2	2	3,73	0,1260	19,10	20,81	33,53	36,53
2	3	3,41	0,1213	19,09	20,38	33,68	35,96
3	1	4,10	0,1306	19,38	21,19	30,63	33,50
3	2	3,83	0,1398	19,24	21,25	34,66	38,29
3	3	3,80	0,1352	19,26	20,69	34,29	36,83
4	1	3,80	0,1336	23,11	25,13	35,42	38,52
4	2	3,72	0,1382	19,46	21,38	33,25	36,53
4	3	3,33	0,1359	19,58	21,25	33,78	36,66
5	1	3,85	0,1352	22,40	24,63	31,99	35,17
5	2	3,29	0,1275	18,70	20,75	33,30	36,96
5	3	3,59	0,1313	19,36	20,81	34,13	36,70
6	1	3,61	0,1321	22,41	24,88	34,43	38,22
6	2	3,69	0,1290	18,46	20,50	32,63	36,24
6	3	3,54	0,1306	19,07	20,56	33,41	36,02
7	1	3,65	0,1060	22,43	24,75	32,65	36,03
7	2	3,49	0,1029	18,94	20,94	32,12	35,51
7	3	3,92	0,1044	18,52	19,88	34,12	36,63

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 7. Resultados de los análisis de varianza para prueba de corte correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 12. Análisis de Varianza para prueba de corte (Presencia de Mohos)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	3,24	7	0,46	1,00	0,4663
Tratamientos	3,24	7	0,46	1,00	0,4663
Error	7,41	16	0,46		
Total	10,65	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 13. Análisis de Varianza para prueba de corte (Pizarrosa)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	55,09	7	7,87	1,31	0,3085
Tratamientos	55,09	7	7,87	1,31	0,3085
Error	96,30	16	6,02		
Total	151,39	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 14. Análisis de Varianza para prueba de corte (Baja Fermentación)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	155,56	7	22,22	0,35	0,9178
Tratamientos	155,56	7	22,22	0,35	0,9178
Error	1014,81	16	63,43		
Total	1170,37	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 15. Análisis de Varianza para prueba de corte (Fermentación buena a ligeramente baja)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	206,94	7	29,56	1,36	0,2876
Tratamientos	206,94	7	29,56	1,36	0,2876
Error	348,15	16	21,76		
Total	555,09	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 16. Análisis de Varianza para prueba de corte (Buena Fermentación)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	220,37	7	31,48	0,31	0,9407
Tratamientos	220,37	7	31,48	0,31	0,9407
Error	1644,44	16	102,78		
Total	1864,81	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 17. Análisis de Varianza para prueba de corte (Sobre Fermentación)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	36,57	7	5,22	0,19	0,9823
Tratamientos	36,57	7	5,22	0,19	0,9823
Error	429,63	16	26,85		
Total	466,20	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 8. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de Testa correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 18. Análisis de Varianza para % de Testa

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	15,82	7	2,26	1,04	0,4399
Tratamientos	15,82	7	2,26	1,04	0,4399
Error	34,62	16	2,16		
Total	50,44	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 9. Resultados de los análisis de varianza para pH de la Testa correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 19. Análisis de Varianza para pH de la Testa

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	0,63	7	0,09	1,52	0,2310
Tratamientos	0,63	7	0,09	1,52	0,2310
Error	0,95	16	0,06		
Total	1,59	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 10. Resultados de los análisis de varianza para pH del Cotiledón correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 20. Análisis de Varianza para pH del Cotiledón

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	0,35	7	0,05	0,42	0,8727
Tratamientos	0,35	7	0,05	0,42	0,8727
Error	1,91	16	0,12		
Total	2,26	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 11. Resultados de los análisis de varianza para Humedad del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 21. Análisis de Varianza para Humedad del cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	0,49	7	0,07	1,16	0,3777
Tratamientos	0,49	7	0,07	1,16	0,3777
Error	0,97	16	0,06		
Total	1,46	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 12. Resultados de los análisis de varianza para Acidez del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 22. Análisis de Varianza para Acidez del cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	0,00302	7	0,00043	2,51	0,0608
Tratamientos	0,00302	7	0,00043	2,51	0,0608
Error	0,00276	16	0,00017		
Total	0,00578	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 13. Resultados de los análisis de varianza para el porcentaje de ceniza del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 23. Análisis de Varianza para Porcentaje de ceniza del cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	0,52	7	0,07	0,39	0,8939
Tratamientos	0,52	7	0,07	0,39	0,8939
Error	3,02	16	0,19		
Total	3,53	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 14. Resultados de los análisis de varianza para el contenido de Proteína (H) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 24. Análisis de Varianza para Proteína (H) en el cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	8,58	7	1,23	1,47	0,2469
Tratamientos	8,58	7	1,23	1,47	0,2469
Error	13,34	16	0,83		
Total	21,92	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 15. Resultados de los análisis de varianza para el contenido de Proteína (S) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 25. Análisis de Varianza para Proteína (S) en el cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	10,55	7	1,51	1,52	0,2286
Tratamientos	10,55	7	1,51	1,52	0,2286
Error	15,82	16	0,99		
Total	26,37	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 16. Resultados de los análisis de varianza para el porcentaje de grasa (H) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 26. Análisis de Varianza para Porcentaje de grasa (H) en el cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	36,52	7	5,22	4,34	0,0071
Tratamientos	36,52	7	5,22	4,34	0,0071
Error	19,21	16	1,20		
Total	55,73	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 17. Resultados de los análisis de varianza para el porcentaje de grasa (S) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con levadura y melaza

Tabla 27. Análisis de Varianza para Porcentaje de grasa (S) en el cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	41,76	7	5,97	4,08	0,0095
Tratamientos	41,76	7	5,97	4,08	0,0095
Error	23,41	16	1,46		
Total	65,17	23			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 18. Resultados de los análisis de varianza para prueba de corte correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 28. Análisis de Varianza para prueba de corte (Presencia de Mohos)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	34,92	6	5,82	0,61	0,7181
Tratamientos	34,92	6	5,82	0,61	0,7181
Error	133,33	14	9,52		
Total	168,25	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 29. Análisis de Varianza para prueba de corte (Pizarrosa)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	10,58	6	1,76	0,56	0,7583
Tratamientos	10,58	6	1,76	0,56	0,7583
Error	44,44	14	3,17		
Total	55,03	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 30. Análisis de Varianza para prueba de corte (Baja Fermentación)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	457,14	6	76,19	1,08	0,4184
Tratamientos	457,14	6	76,19	1,08	0,4184
Error	985,19	14	70,37		
Total	1442,33	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 31. Análisis de Varianza para prueba de corte (Fermentación buena a ligeramente baja)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	166,14	6	27,69	0,23	0,9596
Tratamientos	166,14	6	27,69	0,23	0,9596
Error	1681,48	14	120,11		
Total	1847,62	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 32. Análisis de Varianza para prueba de corte (Buena Fermentación)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	255,03	6	42,50	0,29	0,9314
Tratamientos	255,03	6	42,50	0,29	0,9314
Error	2044,44	14	146,03		
Total	2299,47	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Tabla 33. Análisis de Varianza para prueba de corte (Sobre Fermentación)

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	210,58	6	35,10	0,71	0,6451
Tratamientos	210,58	6	35,10	0,71	0,6451
Error	688,89	14	49,21		
Total	899,47	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 19. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de Testa correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 34. Análisis de Varianza para % de Testa

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	9,54	6	1,59	0,46	0,8275
Tratamientos	9,54	6	1,59	0,46	0,8275
Error	48,59	14	3,47		
Total	58,14	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 20. Resultados de los análisis de varianza para pH de la Testa correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 35. Análisis de Varianza para pH de la Testa

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	2,09	6	0,35	1,95	0,1414
Tratamientos	2,09	6	0,35	1,95	0,1414
Error	2,50	14	0,18		
Total	4,59	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 21. Resultados de los análisis de varianza para pH del cotiledón correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 36. Análisis de Varianza para pH del Cotiledón

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	0,62	6	0,10	0,99	0,4710
Tratamientos	0,62	6	0,10	0,99	0,4710
Error	1,47	14	0,10		
Total	2,09	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 22. Resultados de los análisis de varianza para Humedad del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 37. Análisis de Varianza para Humedad del cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	3,57	6	0,59	0,38	0,8789
Tratamientos	3,57	6	0,59	0,38	0,8789
Error	21,82	14	1,56		
Total	25,39	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 23. Resultados de los análisis de varianza para acidez del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 38. Análisis de Varianza para Acidez del cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	0,00239	6	0,00040	10,8105	0,0001
Tratamientos	0,00239	6	0,00040	10,8105	0,0001
Error	0,00052	14	0,00004		
Total	0,00291	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 24. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de ceniza del cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 39. Análisis de Varianza para Porcentaje de ceniza del cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	0,26	6	0,04	1,11	0,4023
Tratamientos	0,26	6	0,04	1,11	0,4023
Error	0,54	14	0,04		
Total	0,79	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 25. Resultados de los análisis de varianza para Proteína (H) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 40. Análisis de Varianza para Proteína (H) en el cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	4,23	6	0,70	0,24	0,9563
Tratamientos	4,23	6	0,70	0,24	0,9563
Error	41,39	14	2,96		
Total	45,62	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 26. Resultados de los análisis de varianza para Proteína (S) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 41. Análisis de Varianza para Proteína (S) en el cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	5,60	6	0,93	0,24	0,9563
Tratamientos	5,60	6	0,93	0,24	0,9563
Error	54,80	14	3,91		
Total	60,41	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 27. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de Grasa (H) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 42. Análisis de Varianza para Porcentaje de grasa (H) en el cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	5,89	6	0,98	0,58	0,7418
Tratamientos	5,89	6	0,98	0,58	0,7418
Error	23,74	14	1,70		
Total	29,63	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 28. Resultados de los análisis de varianza para porcentaje de Grasa (S) en el cacao correspondiente al plan experimental de fermentación con *polifenol oxidasa* y *pectinatranseliminasa*

Tabla 43. Análisis de Varianza para Porcentaje de grasa (S) en el cacao

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado Medio	Razón – F	Valor – P
Modelo	8,82	6	1,47	0,84	0,5580
Tratamientos	8,82	6	1,47	0,84	0,5580
Error	24,44	14	1,75		
Total	33,26	20			

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 29. Fotos del proceso de fermentación (Levadura y melaza)



Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)



Dilución de la levadura con agua



Activación de la levadura



Melaza diluida en agua

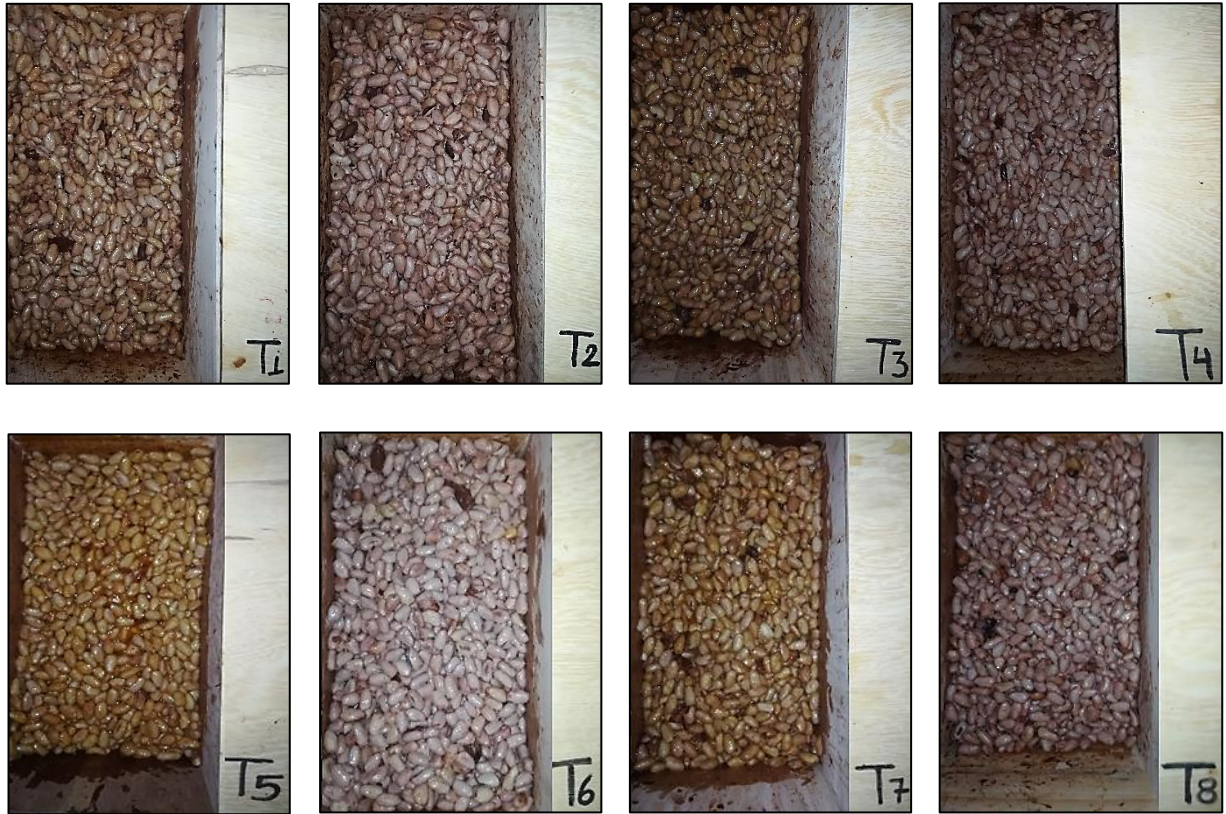


Cacao en baba



Adición de levadura y melaza

Elaborado por: Medina, D. (2020)

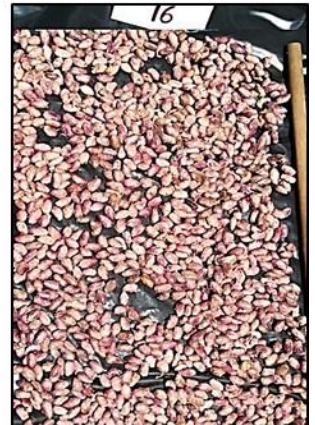
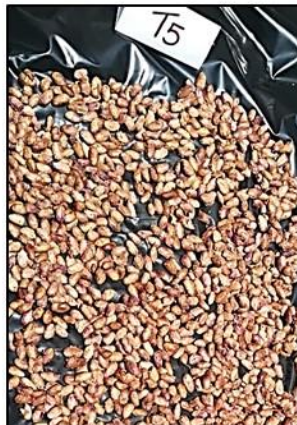
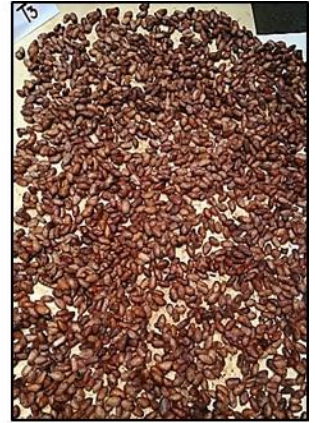
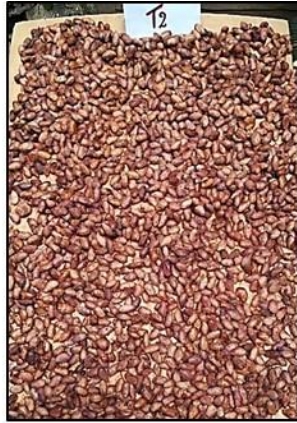


Adición de levadura y melaza a los diferentes tratamientos



Sellado y Rotulación de los cajones para iniciar el proceso de fermentación

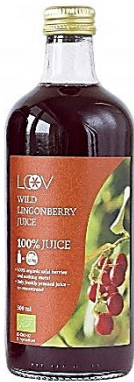
Elaborado por: Medina, D. (2020)



Secado de los tratamientos

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 30. Fotos del proceso de fermentación con enzimas (Polifenol Oxidasa y Pectinatranseliminasa)



Enzima PPO de arándanos rojos



Enzima Pectinatranseliminasa



Adición de Enzima Polifenol oxidasa



Adición de Enzima Pectinatranseliminasa

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 31. Fotos de los análisis físicos y químicos realizados a los diferentes tratamientos



Peso de 30 Almendras



Prueba de Corte

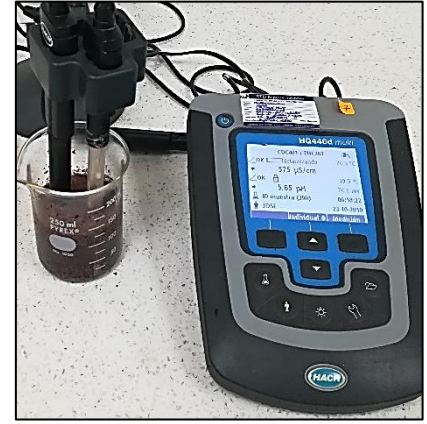




Peso de la Testa



Lectura del pH de la Testa



Lectura del pH del Cotiledón



Peso de 10g de cacao



Triturado de las muestras



Muestras en la estufa



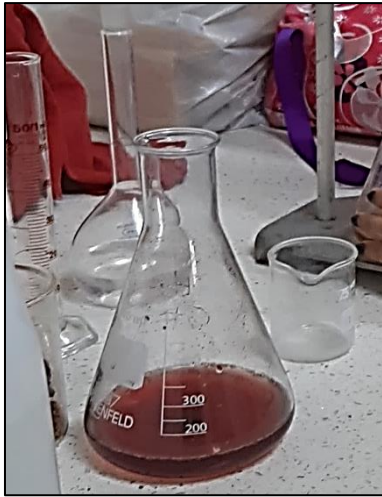
Peso de muestra seca



Muestras en la Mufla



Muestras calcinadas



Preparación de la muestra



Determinación de Acidez Titulable

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 32. Fotos del análisis sensorial de los diferentes tratamientos



Preparación de las muestras de barras de chocolate



Análisis sensorial de las barras de chocolate

Elaborado por: Medina, D. (2020)

Anexo 33. Instructivo y formato de la ficha de análisis sensorial para chocolate



Para llenar la Ficha

Aroma

Oler la muestra. Calificar la intensidad, anotar los descriptores y calificar la calidad. Recuerda que la ausencia o poca intensidad no implica menor calidad.

Sabor

No siempre se encuentra todas las categorías de sabor en una muestra, sólo evalúa lo que percibes. La calidad se basa en una combinación de factores, incluyendo: armonía, claridad, complejidad de los sabores.

Acidez

La relación entre intensidad y calidad varía dependiendo de la percepción y descripción de los ácidos encontrados durante la degustación de la muestra. Por ejemplo, si percibe una acidez cítrica o frutal, su valoración en calidad puede ser mayor a una percepción de una acidez como la de vinagre (acidez acética).

Pos gusto

El sabor residual en la boca después de degustar la muestra.

Amargor y Astringencia

Son características propias del cacao, pero el nivel de intensidad puede influir en la calidad, y frecuentemente hay una relación inversa. Por ejemplo, un amargor de 'Presente' con una intensidad de 2, puede tener una valoración entre Bueno y Excelente en calidad; mientras que una intensidad más alta de amargor (o astringencia) puede reducir la calidad.

Ejemplo:

CATEGORIAS	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Amargor	0 1 2 3 4 5 X	leve amargo	8	x1= 8

Este ejemplo es consistente con la guía proporcionada en la ficha para amargor y astringencia, la cual indica que una intensidad menor o igual a 2.5 puede resultar en una calificación en calidad igual o mayor a 5 puntos.

Defectos

Mayor intensidad de defectos indica un menor puntaje en calidad. Por ejemplo: si encuentra un sabor fuerte a tierra, que es 'Dominante' con una intensidad de 4, puede poner una valoración entre 'Pésimo' y 'Malo' en calidad.

Ejemplo:

CATEGORIAS	INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE
Defectos	0 1 2 3 4 5 X	terroso	1.5	x2= 3

El catador debe nombrar el defecto específico si reduce el puntaje de calidad. Si la muestra está limpia o libre de defectos, se califica como excelente en calidad. Algunas de las categorías generales y sus descriptores de defectos más comunes se presentan a la derecha.

Puntos del catador

Apreciación global y subjetivo sobre la muestra.

Comentarios

Este espacio está reservado para observaciones no mencionadas (por ejemplo: apariencia, textura). También puede ser usado para un resumen de la evaluación y recomendaciones.

Puntaje final

La suma de todos los puntos de calidad. El máximo puntaje final es de 100 puntos.

Para usar las Escalas

Esta ficha contiene dos tipos de escalas. La función de la Escala de intensidad es detallar el perfil de la muestra, mientras la Escala de Calidad nos permite determinar el potencial de la muestra. Recuerda que no hay relación directa entre intensidad y calidad, excepto en casos de Amargor, Astringencia y Defectos. Se permiten intervalos de medio punto en ambas escalas.

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas perceptible	Presente	Característico	Dominante	Excelente

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Pésimo	Malo	Regular	Buena	Excelente						

Ejemplos defectos



MOHO: guardado, húmedo, sótano, abombado, almacén

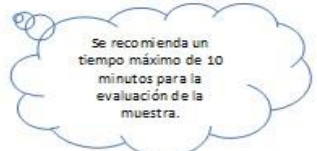
TIERRA: lodo, tierra mojada, polvo, arcilla

CRUDO: verde, vegetal, corteza, césped

CONTAMINANTES: plástico, químicos, humo, metal, combustible

DESCOMPOSICION: jamón, carne seca, rancio, podrido, compost

Nota: No reducir puntos en defectos para aroma, amargor, y astringencia. Estos son evaluados en sus categorías respectivas.



Elaborado por: Medina, D. (2020)



**ANÁLISIS SENSORIAL
DE CACAO**

FICHA DE CATACIÓN

MUESTRA _____

CATADOR _____

FECHA _____

CATEGORÍAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0 - 10)	PUNTAJE
AROMA	Cacao	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			X1
	Frutos secos	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Frutales	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Florales	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Cítricos	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Otros	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
SABORES	Cacao	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			X2
	Dulce	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Acidez	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Frutos secos	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Frutales	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Florales	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Cítricos	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Crudo	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
	Otros	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			
ACIDEZ		0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			X1
POS GUSTO		0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			X1
AMARGOR	INTENSIDAD 0 a 2,5; ≥ 5 en calidad	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			X1
ASTRINGENCIA	2,5 a 5; ≤ 5 en calidad	0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			X1
DEFECTOS		0 1 2 3 4 5 [Progressive color scale]			X2
COMENTARIOS:			PUNTOS DE CATADOR		X1
			PUNTAJE FINAL		

Elaborado por: Medina, D. (2020)