



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

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

Proyecto de Investigación

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SEIS CLONES DE
Theobroma cacao L. (CACAO), CULTIVADOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL
TROPICAL PICHILINGUE CON FINES DE AGROINDUSTRIALIZACIÓN

Autor

Adrián Eduardo Rosero Chávez

Director del Proyecto de Investigación

Ph.D. Juan Alejandro Neira Mosquera

Quevedo - Los Ríos – Ecuador

2017

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Adrián Eduardo Rosero Chávez**, 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 documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Adrián Eduardo Rosero Chávez

C.C. # 1205827494



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ph.D. Juan Alejandro Neira Mosquera**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante Adrián Eduardo Rosero Chávez, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado **“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SEIS CLONES DE *Theobroma cacao* L. (CACAO), CULTIVADOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE CON FINES DE AGROINDUSTRIALIZACIÓN”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ph.D. Juan Alejandro Neira Mosquera

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

Ph.D. Juan Alejandro Neira Mosquera

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Mediante la presente cumpla en presentar el informe de proyecto de investigación del tema **“ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SEIS CLONES DE *Theobroma cacao* L. (CACAO), CULTIVADOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL TROPICAL PICHILINGUE CON FINES DE AGROINDUSTRIALIZACIÓN”** presentado por el estudiante **ADRIAN EDUARDO ROSERO CHAVEZ**, egresado de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Académico de Facultad Ciencias de la Ingeniería que se 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 **URKUND** el cual avala los niveles de originalidad de un 96 % y similitud de 4 %, de trabajo investigativo.

URKUND	
Dokument	Proyecto de Investigación Sr. Adrián Eduardo Rosero Chávez.docx (D29551212)
Inskickat	2017-07-04 07:47 (-05:00)
Inskickad av	Sungey Sanchez Llaguno (sungeysanchez@uteq.edu.ec)
Mottagare	sungeysanchez.uteq@analysis.orkund.com
Meddelande	Proyecto de Investigación Sr. Adrián Eduardo Rosero Chávez Visa hela meddelandet
	4% av det här c:a 107 sidor stora dokumentet består av text som också förekommer i 6 st källor.

Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo a lo que establece el reglamento.

Ph.D. Juan Alejandro Neira Mosquera

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título

ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE SEIS CLONES DE
Theobroma cacao L. (CACAO), CULTIVADOS EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL
TROPICAL PICHILINGUE CON FINES DE AGROINDUSTRIALIZACIÓN

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

Aprobado por:

Ing. MSc. Marlene Medina Villacís
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. MSc. José Villarroel Bastidas
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. MSc. Andrea Cortez Espinoza
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2017

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por permitirme cumplir con esta carrera, a mi padre Juan Rosero, a mi madre Francisca Chávez, a mi hermana Adriana N. Rosero, por ser apoyo fundamental en mi vida, a mis familiares por su constante ayuda.

A la Universidad Técnica Estatal de Quevedo por concederme cursar mis estudios, al Dr. Juan Neira por su asistencia en la realización de este trabajo, a mis docentes y compañeros de clase por compartir sus conocimientos y amistad.

Al Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la Estación Experimental Tropical Pichilingue; en especial al Ing. Juan Jiménez y la Ing. Gladys Rodríguez por su cooperación en el desarrollo de este proyecto de investigación.

Adrián Rosero Chávez

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado al esfuerzo de mis padres Juan Rosero y Francisca Chávez por brindarme la oportunidad y las herramientas necesarias para estudiar Ingeniería Agroindustrial.

Adrián Rosero Chávez

RESUMEN

El proyecto de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP. El objetivo fue estudiar las características físico-químicas de seis clones de cacao (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51), considerando su estado de acondicionamiento (sin fermentación y fermentación en cajas). Se utilizó un Diseño Factorial (A x B). El análisis estadístico, se efectuó mediante un análisis de varianza y para determinar diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Se estableció el grado de asociación de distintos pares de variables con un análisis correlacional de Pearson y mediante un análisis de conglomerados se agrupó las variables de mayor similitud y diferencia. Las variables estudiadas fueron físicas en la almendra, química proximal y de minerales totales, en el cotiledón y la cascarilla. En las características físicas de la almendra sobresalió los clones EETP-801, CLON-1 y CCN-51; en la químicas proximales del cotiledón los clones EETP-801 y CLON-1; en las químicas de minerales totales del cotiledón el EETP-800 y CLON-2; en las químicas proximales de la cascarilla el EETP-801; en las químicas de minerales totales de la cascarilla el CLON-2. En las características físicas de la almendra según el acondicionamiento, prevaleció la condición fermentación en cajas; en las químicas proximales y de minerales totales del cotiledón, la condición sin fermentación; en las químicas proximales y de minerales totales de la cascarilla, la condición fermentación en cajas. En las características físicas de la almendra, proximales y minerales totales del cotiledón y la cascarilla, según las interacciones clones de cacao por acondicionamiento, destacaron los clones de cacao que tuvieron fermentación en cajas.

Palabras claves: Almendra, cacao, fermentación, cascarilla, cotiledón.

ABSTRACT

The research project was developed at the Integral Cocoa Quality Laboratory of the Tropical Pichilingue Experimental Station of INIAP. The objective of this study was to study the physicochemical characteristics of six cacao clones (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51), considering their condition of conditioning (without fermentation and fermentation in boxes). A Factorial Design (A x B) was used. Statistical analysis was performed using an analysis of variance and Tukey's test ($P \leq 0.05$) was used to determine significant differences. The degree of association of different pairs of variables was established with a Pearson correlation analysis and by cluster analysis we grouped the variables of greater similarity and difference. The variables studied were physical in the almond, proximal chemistry and total minerals, in the cotyledon and the husk. In the physical characteristics of the almond the clones EETP-801, CLON-1 and CCN-51; In the proximal chemical of the cotyledon the clones EETP-801 and CLON-1; In the total minerals of the cotyledon EETP-800 and CLON-2; In the proximal chemical of the EETP-801 husk; In the total chemical minerals of the CLON-2 husk. In the physical characteristics of the almond according to the conditioning, the condition prevailed the fermentation in boxes; In the proximal and total minerals of the cotyledon, the condition without fermentation; In the proximal and mineral minerals of the husk, the condition fermentation in boxes. In the physical characteristics of the almond, proximal and total minerals of the cotyledon and the husk, according to the interactions clones of cocoa by conditioning, the cocoa clones that had fermentation in boxes stood out.

Keywords: Almond, cocoa, fermentation, husk, cotyledon.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA	i
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
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xxi
CÓDIGO DUBLÍN	xxii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	2
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Problema de investigación.....	3
1.1.1. Planteamiento del problema	3
1.1.2. Formulación del problema.....	4
1.1.3. Sistematización del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	5
1.2.1. Objetivo General.....	5
1.2.2. Objetivos Específicos	5
1.3. Justificación.....	6
1.4. Hipótesis	7

1.4.1.	Hipótesis nula	7
1.4.2.	Hipótesis alternativa	7
CAPÍTULO II.....		8
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN		8
2.1.	Marco conceptual.....	9
2.1.1.	Cacao	9
2.1.1.1.	Clasificación taxonómica	10
2.1.1.2.	Composición nutricional	10
2.1.2.	Tipos de cacao.....	11
2.1.2.1.	Criollo	12
2.1.2.2.	Forastero Amazónico	12
2.1.2.3.	Trinitario	13
2.1.2.4.	Nacional de Ecuador.....	13
2.1.2.5.	Clones	14
2.1.3.	Beneficio del cacao	15
2.1.4.	Cosecha del cacao	15
2.1.4.1.	Selección de mazorcas.....	16
2.1.4.2.	Apertura de mazorcas	16
2.1.5.	Fermentación de cacao	16
2.1.5.1.	Métodos de fermentación	17
2.1.5.2.	Tiempo de fermentación.....	18
2.1.5.3.	Remoción.....	19
2.1.6.	Secado de cacao	19
2.1.6.1.	Secado natural	20
2.1.6.2.	Secado artificial.....	20
2.1.7.	Almacenamiento de cacao	21
2.1.8.	Aspectos de calidad del cacao	22

2.1.8.1.	Requisitos de calidad del cacao en grano beneficiado.....	23
2.1.8.2.	Almendras de cacao por el estado de fermentación.....	24
2.2.	Marco referencial	26
2.2.1.	Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao Nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.) en el Ecuador.....	26
2.2.2.	Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao	26
2.2.3.	Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado de Aragua.....	27
2.2.4.	Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions....	27
2.2.5.	Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones	28
2.2.6.	Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café	29
2.2.7.	Norma Técnica Ecuatoriana INEN 176:2006. Cacao en grano. Requisitos..	29
CAPÍTULO III		30
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		30
3.1.	Localización	31
3.1.1.	Área de estudio.....	31
3.1.2.	Material genético.....	31
3.2.	Tipo de investigación.....	32
3.3.	Métodos de investigación.....	32
3.4.	Fuentes de recopilación de información.....	33
3.5.	Diseño de la investigación.....	33
3.5.1.	Factores de estudio.....	33
3.5.2.	Tratamientos.....	34
3.5.3.	Análisis estadístico.....	34
3.6.	Instrumentos de investigación.....	35

3.6.1.	Procedimiento experimental.....	35
3.6.2.	Diagramas de flujo en el proceso de acondicionamiento del cacao	36
3.7.	Tratamiento de los datos.....	38
3.8.	Recursos materiales	38
3.8.1.	Materia prima de cacao.....	38
3.8.2.	Material del área poscosecha.....	39
3.8.3.	Material de laboratorio	39
CAPÍTULO IV		40
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		40
4.1.	Resultados.....	41
4.1.1.	Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis físicos en la almendra de cacao	41
4.1.1.1.	Análisis de Varianza de Humedad de almendra (%)	41
4.1.1.2.	Análisis de Varianza de Testa (%).....	41
4.1.1.3.	Análisis de Varianza de Índice de almendra (g)	42
4.1.1.4.	Análisis de Varianza de Peso de 100 almendras (g).....	42
4.1.1.5.	Análisis de Varianza de la Fermentación (%).....	43
4.1.2.	Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis químicos proximales en el cotiledón de la almendra de cacao	45
4.1.2.1.	Análisis de Varianza de Ceniza (%)	45
4.1.2.2.	Análisis de Varianza de Extracto etéreo (%)	46
4.1.2.3.	Análisis de Varianza de Proteína (%).....	46
4.1.2.4.	Análisis de Varianza de Fibra cruda (%).....	47
4.1.2.5.	Análisis de Varianza de Extracto libre de nitrógeno (%).....	47
4.1.3.	Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis químicos de minerales totales en el cotiledón de la almendra de cacao	48
4.1.3.1.	Análisis de Varianza de Macroelementos (%)	48
4.1.3.2.	Análisis de Varianza de Microelementos (ppm).....	51

4.1.4.	Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis químicos proximales en la cascarilla de la almendra de cacao	54
4.1.4.1.	Análisis de Varianza de Ceniza (%)	54
4.1.4.2.	Análisis de Varianza de Extracto etéreo (%)	54
4.1.4.3.	Análisis de Varianza de Proteína (%).....	55
4.1.4.4.	Análisis de Varianza de Fibra cruda (%).....	55
4.1.4.5.	Análisis de Varianza de Extracto libre de nitrógeno (%).....	56
4.1.5.	Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis químicos de minerales totales en la cascarilla de la almendra de cacao.....	57
4.1.5.1.	Análisis de Varianza de Macroelementos (%)	57
4.1.5.2.	Análisis de Varianza de Microelementos (ppm).....	60
4.2.1.	Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis físicos en la almendra de cacao	63
4.2.1.1.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)	63
4.2.1.2.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento).....	65
4.2.1.3.	Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).....	68
4.2.2.	Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis químicos proximales en el cotiledón de la almendra de cacao.....	70
4.2.2.1.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)	70
4.2.2.2.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento).....	72
4.2.2.3.	Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).....	74
4.2.3.	Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis químicos de minerales totales en el cotiledón de la almendra de cacao	76

4.2.3.1.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)	76
4.2.3.2.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento).....	80
4.2.3.3.	Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).....	84
4.2.4.	Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis químicos proximales en la cascarilla de la almendra de cacao.....	86
4.2.4.1.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)	86
4.2.4.2.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento).....	88
4.2.4.3.	Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).....	90
4.2.5.	Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis químicos de minerales totales en la cascarilla de la almendra de cacao	92
4.2.5.1.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)	92
4.2.5.2.	Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento).....	96
4.2.5.3.	Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).....	100
4.2.6.	Resultados del análisis de correlación	102
4.2.7.	Resultados del análisis de conglomerados	106
4.3.	Discusión	109
4.3.1.	Discusión con relación al Factor A (Clones de cacao).....	109
4.3.2.	Discusión con relación al Factor B (Acondicionamiento)	114
4.3.3.	Discusión de los resultados de correlación.....	117
4.3.4.	Discusión de los resultados de conglomerados.....	119

4.4.	Tratamiento de hipótesis.....	120
CAPÍTULO V		121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		121
5.1.	Conclusiones	122
5.2.	Recomendaciones	123
CAPÍTULO VI.....		124
BIBLIOGRAFÍA.....		124
Bibliografía.....		125
CAPÍTULO VII.....		131
ANEXOS.....		131
Anexos.....		132

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Taxonomía del cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.).....	10
Tabla 2.	Composición química media de los nibs* tostados (g.100 g ⁻¹).....	10
Tabla 3.	Composición en macronutrientes y micronutrientes del cacao y sus derivados (referido a 100 g de producto).	11
Tabla 4.	Clasificación de la calidad del cacao beneficiado.	23
Tabla 5.	Clasificación de almendras de cacao según la fermentación.	24
Tabla 6.	Descripción de los factores de estudio para la caracterización del cacao.....	33
Tabla 7.	Combinación de los tratamientos para la caracterización del cacao.	34
Tabla 8.	Esquema análisis de análisis de varianza.....	34
Tabla 9.	Clones de cacao utilizado en la investigación.....	38
Tabla 10.	Instalaciones y herramientas utilizadas en la poscosecha.....	39
Tabla 11.	Materiales y equipos utilizados en el análisis físico de las almendras.	39
Tabla 12.	ADEVA para Humedad de almendra (%).	41
Tabla 13.	ADEVA para Testa (%).	41
Tabla 14.	ADEVA para Índice de almendra (g).	42
Tabla 15.	ADEVA para Peso de 100 almendras (g).	42
Tabla 16.	ADEVA para Almendras con buena fermentación (%).	43

Tabla 17. ADEVA para Almendras con parcial fermentación (%).	43
Tabla 18. ADEVA para Fermentación total (%).	44
Tabla 19. ADEVA para Almendras violetas (%).	44
Tabla 20. ADEVA para Almendras pizarrosas (%).	45
Tabla 21. ADEVA para Ceniza (%) en el cotiledón.	45
Tabla 22. ADEVA para Extracto etéreo (%) en el cotiledón.	46
Tabla 23. ADEVA para Proteína (%) en el cotiledón.	46
Tabla 24. ADEVA para Fibra cruda (%) en el cotiledón.	47
Tabla 25. ADEVA para Extracto libre de nitrógeno (%) en el cotiledón.	47
Tabla 26. ADEVA para Nitrógeno (%) en el cotiledón.	48
Tabla 27. ADEVA para Fósforo (%) en el cotiledón.	49
Tabla 28. ADEVA para Potasio (%) en el cotiledón.	49
Tabla 29. ADEVA para Calcio (%) en el cotiledón.	50
Tabla 30. ADEVA para Magnesio (%) en el cotiledón.	50
Tabla 31. ADEVA para Azufre (%) en el cotiledón.	51
Tabla 32. ADEVA para Boro (ppm) en el cotiledón.	51
Tabla 33. ADEVA para Zinc (ppm) en el cotiledón.	52
Tabla 34. ADEVA para Cobre (ppm) en el cotiledón.	52
Tabla 35. ADEVA para Hierro (ppm) en el cotiledón.	53
Tabla 36. ADEVA para Manganeso (ppm) en el cotiledón.	53
Tabla 37. ADEVA para Ceniza (%) en la cascarilla.	54
Tabla 38. ADEVA para Extracto etéreo (%) en la cascarilla.	54
Tabla 39. ADEVA para Proteína (%) en la cascarilla.	55
Tabla 40. ADEVA para Fibra cruda (%) en la cascarilla.	55
Tabla 41. ADEVA para Extracto libre de nitrógeno (%) en la cascarilla.	56
Tabla 42. ADEVA para Nitrógeno (%) en la cascarilla.	57
Tabla 43. ADEVA para Fósforo (%) en la cascarilla.	57
Tabla 44. ADEVA para Potasio (%) en la cascarilla.	58
Tabla 45. ADEVA para Calcio (%) en la cascarilla.	58
Tabla 46. ADEVA para Magnesio (%) en la cascarilla.	59
Tabla 47. ADEVA para Azufre (%) en la cascarilla.	59
Tabla 48. ADEVA para Boro (ppm) en la cascarilla.	60
Tabla 49. ADEVA para Zinc (ppm) en la cascarilla.	60
Tabla 50. ADEVA para Cobre (ppm) en la cascarilla.	61

Tabla 51. ADEVA para Hierro (ppm) en la cascarilla.....	61
Tabla 52. ADEVA para Manganeseo (ppm) en la cascarilla.	62
Tabla 53. Correlación entre los atributos físicos de la almendra y los atributos químicos del cotiledón.	102
Tabla 54. Correlación entre los atributos físicos de la almendra y los atributos químicos de la cascarilla.....	104

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 :CLON 2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p<0,05$) en: 1.- Testa (%); 2.- Índice de almendras (g); 3.- Peso de 100 almendras (g); 4.- Almendras con parcial fermentación (%); 5.- Almendras pizarrosas (%).	63
Gráfico 2. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p<0,05$) en: 1.- Humedad de almendra (%); 2.- Testa (%); 3.- Índice de almendra (g); 4.- Peso de 100 almendras (g); 5.- Almendras con buena fermentación (%); 6.- Almendras con parcial fermentación (%); 7.- Fermentación total (%); 8.- Almendras violetas (%); 9.- Almendras pizarrosas (%).	65
Gráfico 3. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p<0,05$), en los análisis físicos de la almendra de cacao.	68
Gráfico 4. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p<0,05$) en los análisis químicos proximales del cotiledón en: 1.- Ceniza (%); 2.- Extracto etéreo (%); 3.- Proteína (%); 4.- Fibra cruda (%); 5.- Extracto libre de nitrógeno (%).	70

Gráfico 5. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los análisis químicos proximales del cotiledón en: 1.- Ceniza (%); 2.- Extracto etéreo (%); 3.- Proteína (%); 4.- Fibra cruda (%); 5.- Extracto libre de nitrógeno (%).	72
Gráfico 6. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$), en los análisis químicos proximales del cotiledón.	74
Gráfico 7. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los macroelementos del cotiledón: 1.- Nitrógeno (%); 2.- Fósforo (%); 3.- Potasio (%); 4.- Calcio (%); 5.- Magnesio (%); 6.- Azufre (%).	76
Gráfico 8. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los microelementos del cotiledón: 1.- Boro (ppm); 2.- Zinc (ppm); 3.- Cobre (ppm); 4.- Hierro (ppm); 5.- Manganeso (ppm).	78
Gráfico 9. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los macroelementos del cotiledón: 1.- Nitrógeno (%); 2.- Fósforo (%); 3.- Potasio (%); 4.- Calcio (%); 5.- Azufre (%).	80
Gráfico 10. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los microelementos del cotiledón: 1.- Boro (ppm); 2.- Zinc (ppm); 3.- Cobre (ppm); 4.- Hierro (ppm); 5.- Manganeso (ppm).	82
Gráfico 11. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$), en los análisis químicos de minerales totales en el cotiledón.	84

Gráfico 12. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los análisis químicos proximales de la cascarilla en: 1.- Ceniza (%); 2.- Extracto etéreo (%); 3.- Proteína (%); 4.- Fibra cruda (%); 5.- Extracto libre de nitrógeno (%).	86
Gráfico 13. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los análisis químicos proximales de la cascarilla en: 1.- Ceniza (%); 2.- Extracto etéreo (%); 3.- Proteína (%); 4.- Fibra cruda (%); 5.- Extracto libre de nitrógeno (%)......	88
Gráfico 14. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$), en los análisis químicos proximales de la cascarilla.....	90
Gráfico 15. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los macroelementos de la cascarilla: 1.- Nitrógeno (%); 2.- Fósforo (%); 3.- Potasio (%); 4.- Calcio (%); 5.- Magnesio (%); 6.- Azufre (%)......	92
Gráfico 16. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los microelementos de la cascarilla: 1.- Boro (ppm); 2.- Zinc (ppm); 3.- Cobre (ppm); 4.- Hierro (ppm); 5.- Manganeso (ppm)......	94
Gráfico 17. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los macroelementos de la cascarilla: 1.- Nitrógeno (%); 2.- Fósforo (%); 3.- Potasio (%); 4.- Calcio (%); 5.- Magnesio (%); 6.- Azufre (%)......	96

Gráfico 18. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los microelementos de la cascarilla: 1.- Boro (ppm); 2.- Zinc (ppm); 3.- Cobre (ppm); 4.- Hierro (ppm); 5.- Manganeso (ppm).	98
Gráfico 19. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$), en los análisis químicos de minerales totales en la cascarilla.	100
Gráfico 20. Dendograma de los análisis físicos de la almendra.	106
Gráfico 21. Dendograma de los análisis químicos en el cotiledón.	107
Gráfico 22. Dendograma de los análisis químicos en la cascarilla.	108

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis físicos en las almendras de cacao según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).	132
Anexo 2. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis químicos proximales en el cotiledón de la almendra de cacao, según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).	133
Anexo 3. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis químicos de minerales totales en el cotiledón de la almendra de cacao, según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).	134
Anexo 4. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis químicos proximales en la cascarilla de la almendra de cacao, según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).	135
Anexo 5. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis químicos de minerales totales en la cascarilla de la almendra de cacao, según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).	136
Anexo 6. Fotos de la cosecha de cacao.	137
Anexo 7. Fotos del acondicionamiento sin fermentación y secado en marquesina.	137
Anexo 8. Fotos del acondicionamiento fermentación en cajas y secado en marquesina.	138
Anexo 9. Fotos de análisis físico en la almendra de cacao.	139

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Estudio de las características físico-químicas de seis clones de <i>Theobroma cacao</i> L. (Cacao), cultivados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue con fines de agroindustrialización”				
Autor:	<u>Rosero Chávez Adrián Eduardo.</u>				
Palabras clave:	Almendra	Cacao	Fermentación	Cascarilla	Cotiledón
Fecha de publicación:	DD-MM-AA				
Editorial:	Quevedo: UTEQ, 2017.				
Resumen:	Resumen. El objetivo fue estudiar las características físico-químicas de seis clones de cacao (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51), considerando su estado de acondicionamiento (sin fermentación y fermentación en cajas). Se utilizó un Diseño Factorial (A x B). El análisis estadístico, se efectuó mediante un análisis de varianza y para determinar diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Se estableció el grado de asociación de distintos pares de variables con un análisis correlacional de Pearson y mediante un análisis de conglomerados se agrupó las variables de mayor similitud y diferencia. Las variables estudiadas fueron físicas en la almendra, química proximal y de minerales totales, en el cotiledón y la cascarilla. En las características físicas de la almendra sobresalió los clones EETP-801, CLON-1 y CCN-51; en la químicas proximales del cotiledón los clones EETP-801 y CLON-1; en las químicas de minerales totales del cotiledón el EETP-800 y CLON-2; en las químicas proximales de la cascarilla el EETP-801; en las químicas de minerales totales de la cascarilla el CLON-2. En las características físicas de la almendra según el acondicionamiento, prevaleció la condición fermentación en cajas; en las químicas proximales y de minerales totales del cotiledón, la condición sin fermentación; en las químicas proximales y de minerales totales de la cascarilla, la condición fermentación en cajas. En las características físicas de la almendra, proximales y minerales totales del cotiledón y la cascarilla, según las interacciones clones de cacao por acondicionamiento, destacaron los clones de cacao que tuvieron fermentación en cajas. Abstract. The objective of this study was to study the physicochemical characteristics of six cacao clones (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51), considering their condition of conditioning (without fermentation and fermentation in boxes). A Factorial Design (A x B) was used. Statistical analysis was performed using an analysis of variance and Tukey's test ($P \leq 0.05$) was used to determine significant differences. The degree of association of different pairs of variables was established with a Pearson correlation analysis and by cluster analysis we grouped the variables of greater similarity and difference. The variables studied were physical in the almond, proximal chemistry and total minerals, in the cotyledon and the husk. In the physical characteristics of the almond the clones EETP-801, CLON-1 and CCN-51; In the proximal chemical of the cotyledon the clones EETP-801 and CLON-1; In the total minerals of the cotyledon EETP-800 and CLON-2; In the proximal chemical of the EETP-801 husk; In the total chemical minerals of the CLON-2 husk. In the physical characteristics of the almond according to the conditioning, the condition prevailed the fermentation in boxes; In the proximal and total minerals of the cotyledon, the condition without fermentation; In the proximal and mineral minerals of the husk, the condition fermentation in boxes. In the physical characteristics of the almond, proximal and total minerals of the cotyledon and the husk, according to the interactions clones of cocoa by conditioning, the cocoa clones that had fermentation in boxes stood out.				
Descripción:	161 hojas : dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162				
URI:	<u>(en blanco hasta cuando se dispongan los repositorios)</u>				

INTRODUCCIÓN

La producción de cacao nacional fino o de aroma posee más de cuatro siglos en la agroeconomía ecuatoriana, debido al enriquecimiento que este producto generó se lo dio a conocer como la “pepa de oro” del trópico ecuatoriano. Durante la historia, se puede observar que este producto fue una parte socioeconómica fundamental para los agricultores pertenecientes a las zonas del litoral tropical y subtropical del Ecuador, pues abarcaba diferentes ámbitos como el desarrollo económico, la sociedad, la cultura, las ideologías y la política [1].

El estudio de las características físico-químicas de seis clones de cacao (*Theobroma cacao* L.), cultivados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, cantón Mocache, provincia de Los Ríos, se debió a la importancia, económica y de calidad que posee el cacao ecuatoriano, el conocimiento de las particularidades físicas y químicas en las que destacaron los clones en estudio, trata de incentivar su producción, impulsar la valorización e industrialización por sectores interesados como el chocolatero, cosmetología y farmacéutica principalmente.

En el trabajo de investigación se realizó el estudio de las características físico-químicas de los clones EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103 y CCN-51, evaluando su estado de acondicionamiento, los cuales fueron sin fermentación y fermentación en cajas de madera, secados de manera natural; se estableció el grado de asociación o correlación entre los atributos físicos y químicos, además mediante conglomerados se agrupó las variables de mayor similitud y diferencia. Los análisis efectuados fueron físicos en la almendra, químicos proximales y de minerales totales en el cotiledón y cascarilla.

En el cacao se encuentra una amplia gama de componentes bioactivos, los cuales, no han sido estudiados ni analizados en profundidad, desconociéndose su real potencialidad. Esto hace del cacao, un área muy interesante de investigación y abre un amplio horizonte de estudio con proyecciones de ensanchamiento industrial [2].

CAPÍTULO I

CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

La Estación Experimental Tropical Pichilingue (EETP), del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), mediante el Programa Nacional de Cacao ejecuta investigaciones de mejoramiento genético de clones nacionales en conjunto con el Departamento de Calidad de Cacao, en la búsqueda de materiales que presenten adecuada adaptación a diferentes zonas agroecológicas, mayor producción, resistencia a enfermedades y atributos de calidad sensorial.

La presente investigación pretende el estudio de las características físico-químicas de seis clones de cacao (EETP-800, EETP-801, CLON-1 , CLON-2, EET-103 y CCN-51), cultivados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del cual aún no se tiene información que permita establecer diferencias e identificar el clon de cacao con las mejores características.

Diagnóstico

El país produce cacao de calidad única en el mundo, debido a sus características organolépticas, sin embargo en las últimas décadas estas características han sido afectadas debido al mal manejo post-cosecha [3]. Al concluir el 2015 las exportaciones ecuatorianas de cacao cerraron alcanzando un volumen total de 260 mil toneladas métricas, de cacao en grano y productos derivados de cacao, un incremento del 10% en relación al 2014 [4]. La demanda mundial de cacao y los requisitos de calidad de los granos han aumentado cada año. Los estudios de investigación han desarrollado estándares para los aspectos de cacao de calidad que cumplan con los criterios industriales, así como la legislación internacional de importación y exportación que está dirigido a la seguridad alimentaria [5].

Ecuador es uno de los principales productores y exportadores de cacao (*Theobroma cacao* L.) del genotipo “Nacional” considerado como cacao fino y de aroma, con denominación “sabor arriba” y la Estación Experimental Tropical Pichilingue cuenta con material clonal del cual no se tiene datos sobre las características físico-químicas de la almendra.

Los agricultores tienen poco conocimiento sobre el manejo postcosecha de los materiales clonales en estudio, el cual influye en las características físicas y químicas que le permiten desarrollar su calidad y ser apetecido por la industria chocolatera así como también por otros sectores productivos de la industria.

Pronóstico

Realizado el estudio de las características físicas y químicas de las almendras de los clones de cacao, establecido e identificado el clon de cacao con las mejores particularidades, permitirá fomentar la distinción y especificación de su cultivo, selección, comercialización e industrialización. También impulsará la valorización y certificación de la calidad del cacao ecuatoriano en beneficio del agricultor y la agroindustria.

1.1.2. Formulación del problema

¿Por qué el desconocimiento de las características físico-químicas de seis clones de *Theobroma cacao* L., en dos estados de acondicionamiento limita su aprovechamiento agroindustrial?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuál será el clon de cacao que presente las mejores características físico-químicas, de los seis clones evaluados?

¿Cuál será el resultado del efecto de acondicionamiento (sin fermentación y fermentación en cajas) en las características físico-químicas de las almendras de cacao?

¿Cuáles son las correlaciones existentes entre las características físico-químicas de los seis clones de cacao?

¿Cuáles son el grupo de variables conglomeradas de mayor similitud y diferencia?

Los indicadores que se evaluarán en la investigación son de característica físico-químicas y son los siguientes: Humedad, porcentaje de testa, índice de almendra, peso de 100 almendras, porcentaje de fermentación, ceniza, extracto etéreo, proteína, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, macroelementos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre) y microelementos (boro, zinc, cobre, hierro, manganeso).

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Estudiar las características físico-químicas de seis clones *Theobroma cacao* L. (Cacao), cultivados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue con fines agroindustriales, considerando el estado de acondicionamiento de las almendras.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar las características físico-químicas de seis clones (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51) de *Theobroma cacao* L. (Cacao).
- Evaluar el efecto del acondicionamiento (sin fermentación y fermentación en cajas), en las características físico-químicas de seis clones (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51) de *Theobroma cacao* L. (Cacao).
- Determinar correlaciones y conglomerados entre las características físico-químicas de la almendra de *Theobroma cacao* L. (Cacao).

1.3. Justificación

El cacao es conocido en el Ecuador como la “pepa de oro”, que dominó por varios siglos la generación de divisas para el país, antes del boom petrolero, dando lugar al apareamiento de los primeros capitales y desarrollando sectores importantes como la banca, industria y el comercio. El cacao es uno de los más significativos símbolos del país. Durante casi un siglo, el orden socioeconómico ecuatoriano se desarrollaba en gran medida alrededor del mercado internacional del cacao [6].

La producción de cacao ha generado ingresos y empleo a decenas de miles de familias campesinas, principalmente en las provincias de Los Ríos, Manabí, Guayas y El Oro, que ha permitido generar múltiples beneficios; además, ha favorecido establecer grandes explotaciones y desarrollar la economía ecuatoriana [7]. El Ecuador es el primer productor mundial de cacao (*Theobroma cacao* L.) de alta calidad, conocido en los mercados internacionales como Sabor Arriba, siendo uno de los principales cultivos de interés comercial en la región [8].

Las diferencias de composición observadas entre variedades de cacao no, pueden ser atribuidas únicamente al genotipo sino que también resultan de la influencia combinada entre la variedad y el tratamiento poscosecha [9]. El mal manejo poscosecha en las fincas, así como las condiciones de almacenamiento brindadas en los centros de acopio alteran notablemente las características de sabor y aroma propias del grano de cacao [10].

El tipo de cacao, el método de fermentación utilizado, conjuntamente con el tiempo de fermentación, la frecuencia de remoción, secado y las condiciones atmosféricas de la zona determinan la calidad del cacao y al mismo tiempo condicionan el precio a pagar por el mismo. Es importante señalar que las investigaciones realizadas en esta área indican que la fermentación constituye la parte fundamental y decisiva para obtener una buena calidad del grano, que permita una mejor comercialización en el mercado nacional e internacional [11].

La agroindustria ecuatoriana es la actividad exportable de mayor dinamismo, el desarrollo de esta industria, genera riqueza al país ubicándolo en una buena posición en el mercado internacional, en virtud de ciertos factores favorables como: las unidades de producción individuales y asociativas, el desarrollo de la industria casera y de elaborados, que han permitido el incremento de los consumidores locales y extranjeros, siendo este el caso del cacao ecuatoriano, una materia prima reconocida en el mercado [7].

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis nula

- **H₀:** No existe diferencia en las características físico-químicas de los seis clones (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51) de *Theobroma cacao* L. (Cacao).
- **H₀:** El estado de acondicionamiento (sin fermentación y fermentación en cajas) no influye en las características físico-químicas de los seis clones (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51) de *Theobroma cacao* L. (Cacao).

1.4.2. Hipótesis alternativa

- **H_a:** Existe diferencia en las características físico-químicas de los seis clones (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51) de *Theobroma cacao* L. (Cacao).
- **H_a:** El estado de acondicionamiento (sin fermentación y fermentación en cajas) influye en las características físico-químicas de los seis clones (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51) de *Theobroma cacao* L. (Cacao).

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Cacao

Diferentes especies de plantas tropicales pertenecen al género *Theobroma*. Se han reportado 22 especies, pero solamente una, el cacao (*Theobroma cacao* L., familia *Sterculiaceae*), presenta una significativa importancia comercial, y por esto ha sido estudiada más profundamente [2]. El cacao, *Theobroma cacao* L., es un árbol cuyo origen proviene de las regiones húmedas tropicales del norte de América del Sur y Centro América. Está clasificado en tres grupos morfogeográficos: criollo, forastero y trinitario, los cuales presentan variaciones en color, dimensión, flor, fruto y semilla. Es un producto cotizado mundialmente debido a que, con sus semillas, se elabora chocolate y otros productos de interés comercial [12].

El árbol del cacao es un árbol perenne, de 8 a 15 m de altura, que en virtud de un cultivo más intensivo se limita a 2,5 a 3 m por la poda, para un mejor control fitosanitario. El fruto del árbol del cacao es botánicamente una drupa indehisciente, generalmente llamado vaina. Estos son de forma oval, miden entre 12 y 30 cm, y contienen de 30 a 40 granos incrustados en una pulpa mucilaginoso, que comprende aproximadamente el 40% del peso fresco del grano [13].

La producción anual mundial de granos de cacao es de aproximadamente 3,5 millones de toneladas métricas y los principales productores son Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Brasil, Nigeria, Camerún y Ecuador. También hay una serie de pequeños productores, en particular de cacao "fino", que constituye menos del 5% del comercio mundial [14]. Ecuador, por sus condiciones geográficas y su riqueza en recursos biológicos, es el productor por excelencia de Cacao Arriba fino y de aroma (63% de la producción mundial) proveniente de la variedad Nacional cuyo sabor ha sido reconocido durante siglos en el mercado internacional [4].

2.1.1.1. Clasificación taxonómica

En la tabla 1 se presenta la clasificación taxonómica del cacao (*Theobroma cacao* L.).

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

Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Tracheobionta</i>
Supervisión:	<i>Spermatophyta</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Dilleniidae</i>
Orden:	<i>Malvales</i>
Familia:	<i>Sterculiaceae</i>
Género:	<i>Theobroma</i> L.
Especie:	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: (USDA, 2017) [15].

2.1.1.2. Composición nutricional

En la tabla 2 se muestra la composición química nutricional de nibs tostados de cacao.

Tabla 2. Composición química media de los nibs* tostados (g.100 g⁻¹).

Constituyentes	Nibs tostados
Agua ^a	3.0
Grasa	54.0
Proteína	12.5
Almidón	6.0
Fibra	2.5
Ceniza	3.0
Teobromina	1.3
Cafeína	0.2

^a Varía de acuerdo con el grado de secado y tostado.

* Los nibs consisten en cotiledones sin cascara y molido de granos de cacao comerciales.

Fuente: (Lima, *et al.*, 2011) [13].

En la tabla 3 se observa la composición nutricional en macronutrientes y micronutrientes de los derivados del cacao.

Tabla 3. Composición en macronutrientes y micronutrientes del cacao y sus derivados (referido a 100 g de producto).

	Cacao en polvo ^a	Chocolate	Chocolate con leche	Chocolate blanco	Soluble de cacao
Energía (kcal)	255	449-534	511 – 542	529	360-375
Proteína (g)	23	4,2 – 7,8	6,1 – 9,2	8	4 – 7
Azúcares (g)	3	50,1 – 60	54,1 – 56,9	58,3	70 – 78
Almidón (g)	13	3,1	1,1	-	2 – 8
Fibra (g)	23	5,9 – 9	1,8	-	7
Grasa (g)	11	29 – 30,6	30 – 31,8	30,9	2,5 – 3,5
Saturada	6,5	15,1 – 18,2	17,6 – 19,9	18,2	1,5 – 2,1
Monoinsaturada	3,6	8,1 – 10	9,6 – 10,7	9,9	0,8 – 1,1
Polinsaturada	0,3	0,7 – 1,2	1,0 – 1,2	1,1	0,1
Sodio (g)	0,2	0,02 – 0,08	0,06 – 0,12	0,11	0,07 – 0,13
Potasio (g)	2	0,4	0,34 – 0,47	0,35	0,44 – 0,9
Calcio (mg)	150	35-63	190 – 214	270	30 – 300
Fósforo (mg)	600	167-287	199 – 242	230	140 – 320
Hierro (mg)	20	2,2 – 3,2	0,8 – 2,3	0,2	4 – 9
Magnesio (mg)	500	100 -113	45 - 86	26	100 -125
Cinc (mg)	9	1,4 – 2,0	0,2 – 0,9	0,9	2
Vitamina A (UI)	3	3	150 – 165	180	Trazas
Vitamina E (mg)	1	0,25 – 0,3	0,4 – 0,6	1,14	0,2
Vitamina B ₁ (mg)	0,37	0,04 – 0,07	0,05 – 0,10	0,08	0,07
Vitamina B ₆ (mg)	0,16	0,04 – 0,05	0,05 – 0,11	0,07	0,03
Ácido fólico (ug)	38	6 – 10	5 - 10	10	7,6

^a Cacao en polvo desgrasado (materia prima).

Fuente: (Gil Hernández, 2010) [16].

2.1.2. Tipos de cacao

Por su origen y características genéticas, está clasificado en cuatro tipos: Criollo, Forastero Amazónico, Trinitario y Nacional de Ecuador. Además existen Clones de Cacao [17].

2.1.2.1. Criollo

Son árboles relativamente bajos y menos robustos respecto a otras variedades. Su copa es redonda con hojas pequeñas de forma ovalada, de color verde claro y gruesas. Las almendras son de color blanco marfil. Este tipo de cacao se caracteriza por tener mazorcas alargadas de colores verde y rojizo en estado inmaduro, tornándose amarillas y anaranjadas rojizas cuando están maduras, el chocolate obtenido de este cacao es apetecido por el sabor a nuez y fruta. Comercialmente se enmarca dentro de los cacaos finos [17].

Es un cacao reconocido como de gran calidad, de escaso contenido en tanino reservado para la fabricación de los chocolates más finos, por su fina textura y aromas intensos, además de presentar equilibrio entre la acidez. Su mayor obstáculo de producción se encuentra en la fragilidad frente almendras e insectos, por lo tanto no representa más del 5 % de la producción mundial [10].

2.1.2.2. Forastero Amazónico

Proporcionan el 80% de la producción mundial. Se llaman Amazónicos por encontrarse distribuidos en la cuenca del Río Amazonas y sus afluentes. Las mazorcas son verdes (en estado inmaduro) y amarillas (cuando están maduras), con una forma de pequeño cuello de botella en la base. Las almendras son aplanadas y pequeñas, con cotiledones de color morado. De este tipo de cacao se obtiene un chocolate con sabor básico de cacao [17].

La variedad forastero, presenta cultivos de cacao diversificados con alta resistencia a diferentes enfermedades, posee especies mucho más resistentes y mucho más productivas que el criollo, pero poco aromático. Las tostaciones a temperaturas superiores y mayor tiempo, permiten enmascarar sus defectos y aumentar el aroma, desarrollando así características sensoriales poco deseables con olores ha quemado. Normalmente es utilizado en mezcla para mejorar la textura del producto final. Se trata pues de unos cacaos de calidad ordinaria (un aroma poco pronunciado y una amargura fuerte y corta) que entran en la fabricación de los chocolates corrientes [10].

2.1.2.3. Trinitario

Es el resultado del cruce entre el cacao de tipo Criollo de Trinidad y Forastero multiplicado en la cuenca del río Orinoco. Su calidad es intermedia. Fueron seleccionados en Trinidad y de ahí su nombre. Estos abastecen del 10 al 15% de la producción mundial. Es el cacao que más se cultiva en América. Presentan sabor a cacao de medio a alto, usualmente con sabor a frutas y nueces [17]. El grupo es correspondientemente muy heterogéneo genéticamente y, morfológicamente, muy polimorfo, no siendo posible delimitarlo a través de características comunes. Las plantas son normalmente muy robustas con frutos verdes o pigmentados y con semillas violeta claro a violeta oscuro [18].

2.1.2.4. Nacional de Ecuador

Al cacao nacional, por muchos años se lo ha considerado como un tipo de cacao Forastero, debido a la forma de la mazorca, pero en la actualidad se cree que este tipo de cacao se encuentra en el país desde tiempos inmemoriales, desde antes de la conquista española. Por este motivo, algunos autores, basados en varios estudios, tanto morfológicos como del DNA y del sabor, creen que el cacao nacional mantiene distancias genéticas de los Forasteros, de los Trinitarios y de los Criollos, considerando necesario clasificarlo en un grupo separado de los anteriormente nombrados [19].

La cantidad de cacao tipo Nacional puro es cada día menor; se estima que quedan solamente unas 25 a 30.000 ha, es decir, un 5 % del total del cacao cultivado en el país y que poco a poco puede desaparecer el tipo puro debido a que las plantaciones son muy viejas, poco productivas y sus dueños pueden preferir otros cultivos más remunerativos [20].

En la década de los 40 se renovaron y sembraron nuevas huertas, ya sea utilizando semilla de los árboles de cacao nacional que habían tolerado las enfermedades o cruzando al cacao nacional con cacaos forasteros, trinitarios, criollos y genotipos del alto y bajo Amazonas y del Orinoco, como una estrategia de combate a las enfermedades, lo cual dio origen al actual Complejo de Cacao Nacional, muy *sui generis*, que conserva el sabor floral que lo caracteriza pero se comporta como un cacao trinitario [20].

En este sentido existen cruces como los siguientes: 1) Nacional x cacaos del Orinoco o venezolanos, 2) Nacional x Genotipos del alto amazonas, 3) Nacional x Genotipos del bajo amazonas, 4) Nacional x Trinitarios, 5) Nacional x Genotipos del Orinoco, 6) Nacional x Criollos (de diferentes orígenes) [20].

Posee características semejantes al tipo Forastero Amelonado. Sin embargo existen pocas plantaciones puras de éste, predominando plantaciones producto del cruzamiento natural con materiales introducidos desde Venezuela y Trinidad, denominándose complejo de Cacao Nacional Trinitario. Las mazorcas son amelonadas, pero con estrangulaciones en la base y el ápice de la misma, con surcos y lomos poco profundos. El color interno de las almendras es violeta pálido o lila, aunque en algunas ocasiones se observan semillas blancas. De este tipo de cacao se obtiene uno de los mejores chocolates del mundo, por su sabor y aroma floral, combinado con perfiles de frutas y otros sabores [17]. El cacao proveniente, primero del Cacao Nacional Puro y luego del Complejo de Cacao Nacional es reconocido en el mercado internacional con el nombre de arriba [20].

2.1.2.5. Clones

Clones, es decir, variedades producidas por el hombre, que suelen identificarse con letras y números provenientes de su investigación, como es el caso del CCN-51, sus mazorcas son rojizas-moradas cuando tiernas y de color rojizo anaranjadas cuando maduras. Presentan sabor a cacao de medio a bajo. Su potencial se encuentra en la producción de manteca de cacao [17].

El concepto de clon no significa que todas las plantas de un mismo clon, sean idénticas fenotípicamente en todas sus características. El comportamiento de una planta depende de la interacción genotipo-ambiente. En consecuencia, una planta puede variar la apariencia, la producción, los frutos o almendras de acuerdo con el clima, suelo, agua, enfermedades u otras causas [21].

2.1.3. Beneficio del cacao

El cacao ecuatoriano es considerado tradicionalmente como el más fino del mundo por sus cualidades genéticas de sabor y aroma, características que se mantienen cuando se realiza una buena cosecha y manejo poscosecha que permite obtener un producto de alta calidad lo que influye para mejorar los precios en el mercado e incrementar los ingresos económicos de los productores cacaoteros. La mayoría de productores en el país realizan una labor de cosecha y manejo poscosecha en forma deficiente, lo que causa un desmejoramiento de la calidad del cacao y bajos precios en los mercados demandantes [22].

El beneficio o cura del cacao es simplemente el proceso que se realiza al grano para que reúna las condiciones físicas, químicas y sensoriales que exige la industria y el consumidor final. Es un proceso definitivo para obtener una materia prima de la mejor calidad en armonía con la salud y la seguridad de los productores y operarios. Corresponde exactamente a las operaciones de cosecha de los frutos o mazorcas, fermentación, secado, limpieza y selección, clasificación, empaque y almacenamiento de los granos. El beneficio es determinante de la calidad del grano y, por supuesto, del precio que el comerciante finalmente está dispuesto a pagar. De la calidad depende, también, la riqueza alimentaria y el bienestar de la población [23].

2.1.4. Cosecha del cacao

La cosecha consiste en recolectar mazorcas maduras y sanas, con intervalos de 7 a 15 días en la época lluviosa. En el periodo seco o de poca producción la cosecha se realiza mensualmente [24]. El grado de maduración de la mazorca es importante para obtener almendras de calidad, razón por la cual se recomienda cosechar únicamente frutos maduros [22]. Las mazorcas cuando son jóvenes presentan un color verde tornándose amarillo cuando están maduras, las mazorcas rojas se vuelven anaranjadas [25].

Las mazorcas nacen en los cojines florales del tronco y ramas del árbol. Si los cojinetes se dañan no hay formación de flores y por lo tanto no habrá producción. Es muy importante que los instrumentos que se usan en la cosecha estén bien afilados para no dañar los cojinetes florales. El corte debe hacerse en el pedúnculo de la mazorca, sin topar la corteza del árbol [25].

2.1.4.1. Selección de mazorcas

Si la finca tiene arboles de diferentes materiales genéticos (Nacional, Trinitario o Forastero), se debe evitar la mezcla de mazorcas y realizar el proceso de beneficio por separado, incluso la comercialización, ya que cada uno tiene diferente calidad aromática y precio. Se debe seleccionar las mazorcas maduras, ya que las “pintonas” pueden no tener suficiente azúcar y humedad en la pulpa para una fermentación satisfactoria. Por otra parte, las mazorcas sobre maduras tienden a secarse y se puede producir la germinación de las semillas dentro de la mazorca. De igual manera, no se debe incluir mazorcas enfermas porque desmejoran la calidad del producto [22].

2.1.4.2. Apertura de mazorcas

Consiste en partir, con la ayuda de un mazo de madera o de un machete, aquellas mazorcas seleccionadas (maduras y sanas), teniendo la precaución de no herir las almendras y tratar de evitar su contaminación por hongos o insectos. Se extrae únicamente las almendras sin placenta o maguey. Es importante que el tiempo de abertura no sea mayor a 12 horas después de la cosecha para evitar que se resequen las almendras. El traslado del cacao en baba a los fermentadores se puede hacer en sacos de yute o en gavetas. El recipiente debe estar limpio, ya que el cacao absorbe olores y sabores con facilidad [22].

2.1.5. Fermentación de cacao

La fermentación es la etapa más importante dentro del beneficio del cacao, y esta operación involucra dos fenómenos distintos pero no independientes: Una fermentación microbiana que contribuye a la eliminación de la pulpa mucilaginosa presente en las almendras. También induce a un conjunto de reacciones bioquímicas internas en los cotiledones, que conducen a la modificación de la composición química de las almendras y en particular a la formación de los precursores del aroma. Estas reacciones son inducidas por elevación de la temperatura de la masa de cacao durante la fermentación y a la migración del ácido acético de la pulpa hacia la almendra. Estos dos fenómenos de la misma manera suprimen el poder germinativo del embrión. Esta fermentación está afectada por el origen genético del cacao, intervalos entre cosechas, cantidad de cacao a fermentar, cantidad de pulpa en la semilla, el método de fermentación y las condiciones del medio donde se realiza el proceso [26].

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). Cuando la pulpa se descompone, hay liberación de calor y la temperatura de la masa puede llegar a los 45-50 °C. Se forma alcohol, ácido láctico y ácido acético que permeabilizan la testa o membrana que cubre los granos. Estos compuestos y la temperatura, participan en la muerte del embrión, propiciando la disolución y difusión de los pigmentos (antocianinas) y alcaloides (teobromina y cafeína), que producen el sabor amargo del producto terminado. La muerte del embrión es indispensable para que se desencadenen los procesos bioquímicos que tienen lugar dentro del grano [23].

2.1.5.1. Métodos de fermentación

Los fermentadores más comunes utilizados en nuestro medio son: cajones de madera, sacos y montones, todos son importantes de acuerdo al lugar, condiciones del agricultor y volumen de producción. Para la fermentación se necesita un lugar especial, que sea bien ventilado y debe estar destinado solo a cacao, no almacenar otros materiales. Además, indiferentemente del fermentador usado, la masa en fermentación no debe ser inferior a 60 Kg. de cacao en baba [22].

- **Cajones de madera**

El tamaño de las cajas de fermentación puede variar mucho y guardar relación con la cantidad de almendras que se puedan cosechar, como máximo en una finca en un momento determinado, o sea en el pico de mayor producción. Las semillas se colocan en las cajas que están perforadas para escurrir los jugos. Algunas fincas tienen un sistema de cajas largas, en las cuales las semillas se van trasladando de un tramo a otro con el fin de removerlas y mejorar la fermentación. En algunos casos estas cajas están a desnivel, con la finalidad de facilitar el paso de una caja a otra, cada día o cada dos días, según el material genético [25].

Las tablas para construir las cajas deben ser de madera que no tenga problemas con resinas como guayacán y caoba que podrían desmejorar la calidad final del producto, se recomienda madera de laurel [22]. La masa de almendras se coloca en cajones hasta una altura de 0,4 a 0,6 m. Luego estas se cubren con hojas de banano y saco de yute para favorecer la acción anaeróbica de las levaduras que son microorganismos que dan inicio al proceso de fermentación y aumento de la temperatura [27].

- **Sacos**

Se coloca las almendras en sacos de yute o polietileno y se deja colgado sobre una estructura de caña a unos 50 cm. de altura. Así se facilitará la eliminación de los líquidos provenientes de la fermentación y aireación [24]. Si la fermentación se realiza en sacos, se recomienda hacerlo en sacos de cabuya. No es adecuado el uso de materiales que tengan orificios muy pequeños, ya que estos no permiten que los líquidos drenen en forma adecuada. Las almendras deben permanecer en los sacos por un periodo de 2 a 3 días, lo importante es hacer la remoción cada 24 horas [22]. Este método no es recomendable debido a que las almendras presentan un elevado porcentaje de granos violáceos y pizarrosos [28].

- **Montones**

Es un método de bajo costo usado por algunos agricultores; consiste en colocar cacao en baba sobre piso de caña picada o madera, preferiblemente elevado al menos 15 cm. del suelo para que los jugos se puedan escurrir, por desnivel del piso. Esos montones deben removerse de un lugar a otro, para obtener una mejor fermentación, para el efecto se debe utilizar palas de madera. Se debe cubrir la masa en fermentación para conservar la temperatura y evitar contaminación por hongos perjudiciales [22]. Este método tiene la ventaja de fermentar cualquier volumen y no ocasiona costo alguno [28].

2.1.5.2. Tiempo de fermentación

El origen genético, la variedad de cacao y la duración de la fermentación influyen en el perfil del sabor, pero diferentes condiciones pueden dar lugar a diferencias significativas en el sabor de una sola variedad de cacao; surgiendo posiblemente a través de las condiciones geográficas, climáticas y la duración y/o el método de fermentación [14].

El tiempo de fermentación está íntimamente relacionado con el tipo genético del cacao, así:

- Cacao tipo Nacional o sus híbridos, cuatro a cinco días.
- Cacaos Trinitarios fermentan bien en cinco días.
- CCN-51 requieren de cinco hasta seis días de fermentación, siempre y cuando no se realice el presecado [17].

2.1.5.3. Remoción

Es importante revolver, mezclar o voltear la masa de granos durante el proceso de fermentación con el propósito de facilitar la aireación, romper los granos adheridos, prevenir la formación de mohos y hacer más uniforme el proceso. Cuando la fermentación es muy corta (3-4 días), la masa se voltea cada 24 horas. Cuando la fermentación es más larga (5-6 días) el primer volteo se hace a las 48 horas y después cada 24 horas hasta terminar el proceso [23].

La remoción de masa de granos debe ser efectuada lentamente, con equipos sin filos que puedan dañar las almendras. La herramienta más adecuada es la pala de madera. El volteo asegura que los granos de cacao se fermenten de forma uniforme y para garantizar que el producto obtenido tenga aroma, color y sabor a chocolate, ya que en este estado se promueve la formación de los precursores de tales características [22].

2.1.6. Secado de cacao

Al terminar la fermentación las almendras quedan aproximadamente con un 55% de humedad. El propósito del secado es disminuir la humedad interna de las almendras hasta el 7% para facilitar su almacenamiento y transporte posterior. Durante el secado, continúa la oxidación de polifenoles dentro de los cotiledones, mejorándose los resultados de la fermentación. La evaporación del agua interior del cotiledón, también arrastra el ácido acético hacia el exterior y contribuye a su eliminación, reduciendo la acidez y mejorando la calidad sensorial del cacao. Estos beneficios no se obtienen si el proceso de secado es muy rápido; el secado de las almendras tiene que ser lento y pausado [27].

También en ese momento cambian los colores, apareciendo el color marrón o pardo, típico del cacao fermentado y secado correctamente [25]. Las almendras de cacao tienen capacidad para absorber olores extraños por su alto contenido de grasa, por esta razón, se recomienda que el secadero esté libre de contaminación externa como vehicular, industrial, excretas, desechos de cosechas, entre otras, además, es necesario que siempre se limpie la pista de secamiento para eliminar las impurezas que quedan en cada lote [22].

2.1.6.1. Secado natural

El periodo de secado natural depende del tiempo de exposición e intensidad de los rayos solares, pero usualmente toma entre 6 y 10 días. Al iniciar el proceso de secado las almendras recién fermentadas, se colocan en capas de hasta 5 cm. de espesor que se mantienen expuestas al sol por pocas horas (3 a 4) en el primer día, removiéndolas cada hora para uniformizar la pérdida de agua por evaporación. A medida que pasan los días el número de horas de exposición al sol aumenta y el grosor de la capa de almendras disminuye hasta aproximadamente 2 cm. [27].

Este secado se puede hacer en marquesinas o tendales, los cuales pueden construirse de infinidad de formas tanto por su tamaño como por los materiales que se usan. Los tendales más generalizados son los de madera y de bambú, aunque los hay también de cemento y otros materiales refractarios [25].

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 [23].

2.1.6.2. Secado artificial

En algunas regiones, la época de cosecha coincide con la temporada de invierno y bajo condiciones naturales es difícil secar el cacao debido a la escasa luminosidad. En ese caso hay que emplear un sistema de secado artificial porque de lo contrario el secado al sol sería muy prolongado y los granos correrían el riesgo de contaminarse de hongos deteriorándose su calidad [23].

Se han construido una gran cantidad de secadoras mecánicas, la más común es la de “Galpón o Samoa”, se basa en el paso de aire seco y caliente por la masa del cacao que se coloca en una plancha perforada [25]. Para facilitar el secado, el espesor de la masa de granos debe ser de unos 12 centímetros, es necesario voltear la masa de granos intercambiando gradualmente su posición para que el secado sea lo más uniforme posible. La temperatura del aire caliente no puede ser mayor de 60 °C con el fin de evitar la inactivación de reacciones enzimáticas fundamentales e indispensables en la formación de los precursores del sabor. Las temperaturas elevadas anticipan el proceso de tostado o tostión de los granos, los cuales se vuelven frágiles y quebradizos. Con una temperatura de 55 – 60 °C el proceso de secado se completa en 30 – 34 horas [23].

2.1.7. Almacenamiento de cacao

Las almendras de cacao se almacenan fermentadas y secas. Son higroscópicas (absorben vapor de agua) y su contenido de humedad puede aumentar sobre el 7% en condiciones de almacenamiento inadecuadas, con el consiguiente desarrollo de hongos e insectos que destruyen los cotiledones, pues viven de ellos. Además causan el incremento de ácidos grasos libres que representan un importante problema de calidad para los fabricantes de chocolates. La presencia de micotoxinas debido a la contaminación fungosa es otro problema que afecta la calidad del cacao. Por otro lado, debido a la alta concentración de grasa (alrededor del 50 % de su peso), las almendras se contaminan por su fácil absorción de olores y sabores extraños. Estas características y riesgos demandan que para el almacenamiento del cacao se destine un lugar exclusivo con este fin, cerrado, limpio, y ventilado [27].

Antes de almacenar el cacao es necesario pasar las almendras por la zaranda, para eliminar las impurezas, residuos de cascaras y granos en mal estado, esto permite seleccionar los granos para guardar o comercializar. Se recomienda utilizar sacos de yutes limpios, etiquetados y colocados sobre una tarima de madera para evitar contacto con el piso, paredes y para favorecer la ventilación. Se debe tomar en consideración que la temperatura del almacén no sea mayor que la temperatura externa [22]. Si se almacenan almendras con menos de 8% de humedad, pueden mantenerse en buen estado por unos cinco meses, en medios menores de 75% de humedad relativa [28].

2.1.8. Aspectos de calidad del cacao

Existen dos categorías de calidad de cacao en grano reconocidas por el mercado mundial, cacao “fino o de aroma” y cacao “ordinario”; los primeros provenientes principalmente de las variedades criollo y trinitario, en cambio el forastero tiene características de cacao ordinario [29].

Calidad es la clasificación que dan los países compradores y los fabricantes a las almendras de cacao por su apariencia, contenido de materiales extraños, mohos, insectos, entre otros. Los factores que determinan la calidad del cacao pueden agruparse en: factor de la herencia, factor del ambiente, factor del beneficio (fermentación y secado) [25].

La palabra “calidad” se utiliza en su sentido más amplio, para incluir no sólo los aspectos clave de sabor y seguridad alimentaria, sino también las características físicas que influyen directamente en el comportamiento del cacao durante la elaboración y aspectos tales como la trazabilidad, la indicación geográfica y la certificación para confirmar la sostenibilidad de los métodos de producción [30].

Diversas investigaciones han demostrado que durante el proceso del beneficio del cacao, existen variaciones en las características fisicoquímicas del grano, en función del tipo de fermentador utilizado y del tiempo de secado, que pueden afectar las concentraciones de los metales, así como la calidad e inocuidad del producto final [12].

La fermentación del cacao es una etapa muy importante en el procesamiento del grano, ya que se producen cambios bioquímicos que dan origen a los precursores del aroma y sabor, lo que determina su calidad física y química [3].

Las muestras mejor fermentadas desarrollan no solo una expresión más intensa del sabor a cacao sino también notas sensoriales aromáticas típicas de los cacaos finos o de aroma, cuando estas son partes integrales de su base genética. Las relaciones negativas del sabor a cacao con el amargor, acidez y astringencia son consecuencia de la mala calidad de la fermentación que estimula la expresión de estos últimos, atenuando la expresión del sabor a cacao y de otros aromas de interés, en mayor o menor medida [7].

2.1.8.1. Requisitos de calidad del cacao en grano beneficiado

La NTE INEN 176:2006 establece los cacaos del Ecuador por la calidad se clasifican en ARRIBA y CCN51. El cacao beneficiado debe cumplir con los requisitos que a continuación se describen y los que se establecen en la tabla 4 [31].

Tabla 4. Clasificación de la calidad del cacao beneficiado.

Requisitos	Unidad	ARRIBA					CCN51
		A.S.S.P.S	A.S.S.S	A.S.S	A.S.N	A.S.E	
Cien granos pesan	G	135	130	120	110	105	135
		140	135	125	115	110	140
Buena fermentación (mín.)	%	75	65	60	44	26	***65
Ligera fermentación*(mín.)	%	10	10	5	10	27	11
Violeta (máx.)	%	10	15	21	25	25	18
Pizarroso (pastoso) (máx.)	%	4	9	12	18	18	5
Moho (máx.)	%	1	1	2	3	4	1
TOTALES (análisis sobre 100 pepas)	%	100	100	100	100	100	100
Defectuosos (análisis sobre 500 gramos) (máx.)	%	0	0	1	3	**4	1
TOTAL FERMENTADO (mín.)	%	85	75	65	54	53	76
A.S.S.P.S	Arriba Superior Summer Plantación Selecta						
A.S.S.S	Arriba Superior Summer Selecto						
A.S.S	Arriba Superior Selecto						
A.S.N	Arriba Superior Navidad						
A.S.E	Arriba Superior Época						
*Coloración marrón violeta							
**Se permite la presencia de granza solamente para el tipo A.S.E							
***La coloración varía de marrón a violeta							

Fuente: (NTE INEN 176, 2006) [31].

2.1.8.2. Almendras de cacao por el estado de fermentación

En la tabla 5, se muestra la clasificación de almendras de cacao por el grado de fermentación, sus características, causas y efectos de las almendras en el chocolate.

Tabla 5. Clasificación de almendras de cacao según la fermentación.

Clasificación de almendras	Características	Causas	Efecto de las almendras en el chocolate
Almendra bien fermentada	Los cotiledones presentan una coloración marrón oscuro, de aspecto quebradizo, con estrías bien abiertas. La testa o cascarilla se separa fácilmente del cotiledón.	Es el resultado de un adecuado proceso de fermentación y secado.	El sabor y aroma de las almendras está bien desarrollado para la elaboración de chocolates. Presenta buena expresión del sabor a cacao, baja astringencia, acidez y amargor. Máxima expresión para el sabor “Arriba” cuando se trata de cacao Nacional.
Almendra mediana fermentación	Los cotiledones presentan color café oscuro con pigmentaciones de color violeta en los bordes, tienen aspecto ligeramente compacto, las estrías son poco abiertas y el cotiledón es menos quebradizo que en las almendras bien fermentadas.	Varios factores causan la presencia de almendras medianamente fermentadas: el insuficiente tiempo de fermentación, ubicación de las almendras dentro de la masa fermentativa, remociones tardías, baja temperatura.	La calidad del sabor y aroma es aceptable con cualidades aprovechables para la fabricación de chocolates. Los niveles de la astringencia, acidez y amargor son más altos que en las almendras bien fermentadas.

Almendra violeta	Los cotiledones presentan aspecto semicompacto y son de color violeta.	Se producen por la interrupción del proceso fermentativo, lo que impide la degradación de la antocianina, un pigmento que pertenece al grupo de los polifenoles, y que le da el color violeta a los cotiledones.	La intensidad de la astringencia y acidez es fuerte; los lotes con alto porcentaje de almendras violetas son poco recomendables para la elaboración de chocolates. No se han desarrollado los precursores del sabor y aroma a cacao.
Almendra pizarra	Los cotiledones son de aspecto compacto y de color gris negruzco. Su sabor es desagradable y persistente.	Ausencia de fermentación y sometidas a secado rápido.	El amargor y la astringencia se encuentran en su máxima expresión; las almendras no tienen utilidad para la industria chocolatera.
Almendra mohosa	En el interior de los cotiledones se observa una coloración blanquecina, verdosa o amarilla por la presencia de los filamentos de los hongos.	Aberturas producidas por la germinación en mazorcas sobremaduras, daños mecánicos en la cascarilla o cuando el contenido de humedad de las almendras supera el 7%.	Producen olores y sabores desagradables. Su presencia es un defecto altamente indeseable para la industria. Las almendras se utilizan para la extracción de grasa.
Almendra infestada	En el interior de los cotiledones se observa la presencia de insectos y sus excretas. En ocasiones las almendras están deterioradas hasta el 90%.	Almendras atacadas por insectos, producto de falta de limpieza y fumigación en bodegas. Almacenamiento por largos periodos de tiempo.	Producen olores y sabores indeseables. Es un defecto grave que inutiliza las almendras para el uso industrial por los riesgos que entraña para la salud.

Fuente: (Jiménez Barragán & Amores Puyutaxi, 2008) [32].

2.2. Marco referencial

2.2.1. Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador

El objetivo fue caracterizar quince clones de cacao; doce de tipo Nacional y tres testigos (CCN-51, EET-103 e IMC-67), de manera físico-químico las almendras y de modo sensorial su licor o pasta. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres repeticiones. Las variables físicas estudiadas son: índice de almendra y mazorca, número de almendras, peso de 100 semillas, porcentaje y pH de testa. Para la valoración química se registró: grasa, energía, y ceniza. Los atributos sensoriales evaluados fueron: acidez, amargor, astringencia, dulce, cacao, floral, frutal, nuez y otros sabores; además de los defectos crudo/verde y moho. Se realizó el análisis de los componentes principales (APC). Los resultados que obtuvo este trabajo fueron los siguientes: el mayor índice de mazorca correspondió al DIRCYT-C129 (34.36 g); el DIRCYT-C103 tuvo mayor índice de semilla (1.65 g); en el peso de 100 semillas y contenido de grasa no hubo diferencias significativas ($p < 0.05$); aunque CCN-51 fue ligeramente superior (41.44%). En atributos físicos fueron superiores los clones EET-103, CCN-51 y IMC-67. Todos los clones presentaron características químicas similares. El DIRCYT-C225 presentó el mejor perfil sensorial "sabor Arriba o floral" [7].

2.2.2. Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao

Comparar dos métodos de micro-fermentación: 1) Colocación de pequeñas muestras de cacao (2 Kg) en una matriz de masa fermentante, y 2) Cajas Rohan. La fermentación se realizó en las instalaciones de CEFODI, sur de la provincia de Esmeraldas. Las muestras se originaron en distinta zonas de la misma provincia (Atacames, Muisne, Río Verde, Quinindé). En una primera etapa se fermentaron 36 muestras de árboles identificados con este propósito. El objetivo era decidir que método seguiría usándose para la micro fermentación de las 45 muestras participantes en la segunda etapa de la investigación, la que incluyó algunas muestras (10) de la primera etapa. Todas las muestras se sometieron al análisis sensorial. También se registraron datos de algunas variables físicas (en la E.E. Pichilingue) y químicas (en la E.E. Sta. Catalina) para apoyar el proceso de selección de los arboles con las muestras mejor calificadas [33].

2.2.3. Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado de Aragua

El estudio tuvo como finalidad comparar las características físicas y químicas de almendras de cacao *Theobroma cacao* L., fermentadas, secas y tostadas, proveniente de 5 genotipos que forman parte de la colección 1995 del Banco de Germoplasma del INIA, con una muestra comercial también tostada. Las muestras previamente fermentadas y secadas al sol, se tostaron a 150 °C por 30 minutos. La composición proximal, índices químicos y parámetros físicos se determinaron según varias metodologías, también se determinó por HPCL el perfil de ácidos grasos de la manteca de las almendras según el método Folch. Los índices evaluados fueron comparados con una muestra comercial de cacao proveniente de Cuyagua. Los resultados se analizaron estadísticamente con ANOVA de una vía y la prueba de Duncan. Los análisis mostraron diferencias significativas entre los parámetros evaluados observándose que con excepción de la muestra MAR-4 el contenido de humedad es mayor en la muestra comercial. Así mismo, el contenido de proteína cruda es mayor y la fibra cruda es menor en todas las muestras de los genotipos evaluados comparado a la muestra comercial. Los otros parámetros tales como: contenido de ceniza, carbohidratos totales, azúcares totales, polifenoles, ácidos grasos saturados y los ácidos palmítico (C16:0), esteárico (C18:0) y oleico (C18:1) muestran diferencias significativas entre ellos sin una tendencia definida al compararlo con la muestra comercial [34].

2.2.4. Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions

Se determinó el perfil de composición nutricional y ácidos grasos (FA) en cacao y chocolates con diferente origen geográfico y condiciones de procesamiento. En el cacao, la grasa era el nutriente principal, mientras que en los chocolates los carbohidratos. La composición del cacao varió dependiendo del origen geográfico, mientras que en los chocolates sólo los carbohidratos y el contenido de grasa variaron significativamente debido al efecto del origen y no se observó efecto significativo en las condiciones de procesamiento [35].

Tanto para el cacao como para los chocolates, las diferencias en el perfil de la FA se explicaron principalmente como un efecto del origen geográfico y no se debieron a las condiciones de procesamiento en el chocolate. Para el cacao, las diferencias en el perfil de FA se encontraron en C12: 0, C14: 0, C16: 0, C16: 1, C17: 0, C17: 1 y C18: 0, mientras que para los chocolates sólo se encontraron diferencias en C16: 0, C18: 0, C18: 1 y C18: 2. Para todas las muestras, C16: 0, C18: 0, C18: 1 y C18: 2 fueron cuantitativamente la FA más importante. El chocolate ecuatoriano mostró un perfil FA más saludable que tenía mayores cantidades de FA insaturado y menores cantidades de FA saturado que el chocolate ghanés [35].

2.2.5. Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones

En la industria del cacao se subutilizan materiales que pudieran ser ingredientes en la elaboración de productos novedosos, uno de ellos es la cascarilla de cacao. Estudios previos le atribuyen a dicho material una alta capacidad antioxidante, lo que sumado a su relativo bajo costo, lo hacen un atractivo ingrediente para la elaboración de infusiones, pero antes de promoverlo como tal, se necesita garantizar su calidad. En este estudio se evaluó la composición química, la calidad microbiológica de la cascarilla de cacao, así como también aquellos parámetros que determinan su uso como materia prima en la preparación de infusiones. Las semillas de cacao fueron cultivadas en dos estados en Venezuela. A la cascarilla de cacao se le determinó el contenido de humedad, proteínas, grasa, cenizas, carbohidratos, minerales, calidad microbiológica, ocratoxina A y las propiedades como antioxidante, contenido de materias extrañas, cenizas insolubles en HCL y extracto acuoso. Los métodos aplicados se basan en normas nacionales e internacionales. Se determinaron diferencias significativas entre las muestras mediante la aplicación de ANOVA. Un bajo contenido de humedad pero alto en cenizas, una calidad microbiológica ajustada a la norma y la ausencia de ocratoxina A se observaron en la totalidad de las muestras analizadas. El bajo contenido de materias extrañas y alto valor del extracto acuoso y alto contenido de polifenoles con actividad antioxidante permite recomendar la cascarilla del cacao como materia prima para preparar infusiones [36].

2.2.6. Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café

Se abordaron sistemáticamente temas relacionados a las estrategias de trabajo e intervención de cada Estación Experimental del INIAP. En este proceso, se realizó una revisión integral y detallada de cada una de las variables disponibles tratando de enriquecer el contenido de los protocolos a definir en su aplicación y comprensión. Este esfuerzo permitió homologar y detallar de manera precisa criterios técnicos y científicos que se traducen en siete protocolos para el rubro cacao y siete protocolos para el rubro café, todos desarrollados con criterio y rigor científico, para poder conducir pruebas experimentales y entregar servicios tecnológicos objetivos, que cuenten con estándares de excelencia en sus procedimientos [37].

2.2.7. Norma Técnica Ecuatoriana INEN 176:2006. Cacao en grano. Requisitos

Esta norma establece los requisitos de calidad que debe cumplir el cacao en grano beneficiado y los criterios que deben aplicarse para su clasificación. Esta norma se aplica al cacao beneficiado, destinado para fines de comercialización interna y externa [31].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

3.1.1. Área de estudio

El proyecto de investigación se desarrolló en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao de la Estación Experimental Tropical Pichilingue (EET-Pichilingue), perteneciente al Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicado en el Km. 5 vía Quevedo - El Empalme, Cantón Mocache, Provincia de Los Ríos. Las coordenadas geográficas son 79°29'18'' longitud Oeste y 1°4'37'' latitud Sur. El lugar presenta las siguientes características ambientales:

- Altitud: 75 msnm.
- Humedad relativa promedio: 85,84 %.
- Precipitación anual: 2223,85 mm.
- Heliofania promedio: 898,66 horas luz/año.
- Temperatura promedio: 25,47 °C.
- Área agroecológica: Bosque semihúmedo tropical.

3.1.2. Material genético

Se evaluaron seis materiales genéticos, pertenecientes al Programa de Cacao de la EET-Pichilingue. A continuación se describe la ubicación y sus características:

- EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, ubicados en Meteorología (Selecciones Avanzadas), latitud (UTM) 9881339, longitud (UTM) 667585; con una distancia de siembra de 3m x 3m y una edad de cultivo de 5 años.
- EET-103, CCN-51, se encuentran ubicados en el Lote 2A, latitud (UTM) 9879060, longitud (UTM) 670543; con una distancia de siembra de 3m x 3m y una edad de cultivo de 9 años.

3.2. Tipo de investigación

Para el desarrollo del proyecto se aplicó los siguientes tipos de investigación:

- **Investigación experimental.** Comprometió la manipulación del estado de acondicionamiento sin fermentación y fermentación en cajas (variable independiente), sobre los clones de cacao (variable dependiente).
- **Investigación analítica.** Correspondió al tratamiento de hipótesis, interpretación y análisis de los datos obtenidos en las características físico-químicas de la almendra de cacao sometido a dos diferentes estados de acondicionamiento.
- **Investigación bibliográfica.** Se utilizó para recopilar información de artículos científicos, libros, informes técnicos y normas referentes a la temática del cacao que permitan desarrollar los métodos y confrontación para el presente estudio.

3.3. Métodos de investigación

En el proyecto de investigación se emplearon los siguientes métodos de investigación:

- **Método deductivo - inductivo.** Utilizado para la realización de las conclusiones sobre las hipótesis planteadas, mediante el uso de los resultados de las variables físico-químicas evaluadas en los tratamientos obtenidos del diseño experimental AxB que se aplicó en la investigación.
- **Método comparativo.** Efectuado mediante la utilización de análisis estadísticos, para la determinación de diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey. Con un análisis correlacional de Pearson, se examinó el comportamiento de distintos pares de variables físicas y químicas, para determinar su grado de asociación y mediante un análisis de conglomerados se agrupó las variables de mayor similitud y diferencia.

3.4. Fuentes de recopilación de información

La información recopilada por motivo de consulta y discusión, es proveniente de fuentes secundarias principalmente de artículos científicos contenidos en plataformas como: ScienceDirect, Dialnet, Redalyc, Scielo, Taylor & Francis Online; además de informes técnicos del INIAP, normas INEN, tesis y páginas web.

3.5. Diseño de la investigación

Para el presente estudio se aplicó un Diseño Factorial (A x B), con 6 niveles en el Factor A (Clones de cacao) y 2 niveles en el Factor B (Acondicionamiento), los cuales están descritos en la tabla 6. Se obtuvo un modelo de (6 x 2) dándonos un total de 12 tratamientos, definidos en la tabla 7. En el trabajo experimental efectuado se realizaron 2 repeticiones, produciendo de manera completa 24 unidades experimentales para la investigación.

3.5.1. Factores de estudio

A continuación se muestran los seis clones de cacao utilizados como Factor A y los dos tipos de acondicionamiento efectuados como Factor B.

Tabla 6. Descripción de los factores de estudio para la caracterización del cacao.

Factores de estudio	Código	Descripción
A: Clones de cacao	a ₀	EETP-800
	a ₁	EETP-801
	a ₂	CLON-1
	a ₃	CLON-2
	a ₄	EET-103
	a ₅	CCN-51
B: Acondicionamiento	b ₀	Sin fermentación
	b ₁	Fermentación en cajas

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

3.5.2. Tratamientos

Mediante la combinación de los factores A y B, se obtuvo los tratamientos o interacciones experimentales para la determinación de las características físicas – químicas del cacao.

Tabla 7. Combinación de los tratamientos para la caracterización del cacao.

Nº	Código	Descripción
1	a ₀ b ₀	EETP-800 + Sin fermentación.
2	a ₀ b ₁	EETP-800 + Fermentación en cajas.
3	a ₁ b ₀	EETP-801 + Sin fermentación.
4	a ₁ b ₁	EETP-801 + Fermentación en cajas.
5	a ₂ b ₀	CLON-1 + Sin fermentación
6	a ₂ b ₁	CLON-1 + Fermentación en cajas
7	a ₃ b ₀	CLON-2 + Sin fermentación
8	a ₃ b ₁	CLON-2 + Fermentación en cajas
9	a ₄ b ₀	EET-103 + Sin fermentación
10	a ₄ b ₁	EET-103 + Fermentación en cajas
11	a ₅ b ₀	CCN-51 + Sin fermentación.
12	a ₅ b ₁	CCN-51 + Fermentación en cajas.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

3.5.3. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los datos obtenidos de las variables físico-químicas, se efectuó mediante un ADEVA (Análisis de varianza).

Tabla 8. Esquema análisis de análisis de varianza.

Fuentes de variación	Grados de Libertad
Factor A (Clones de cacao)	5
Factor B (Acondicionamiento)	1
Interacción A*B	5
Repeticiones	1
Error experimental	11
Total	23

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

3.6. Instrumentos de investigación

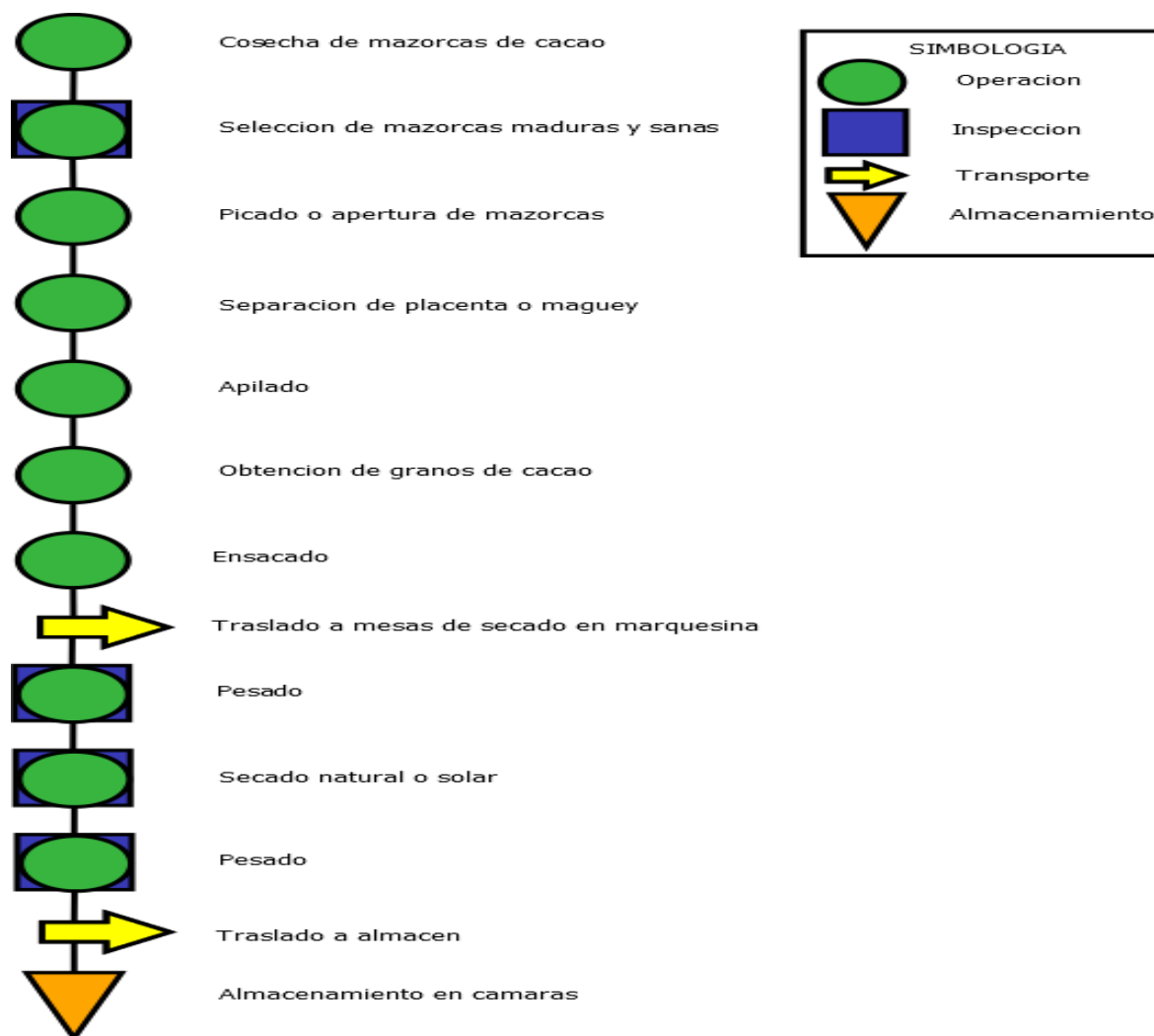
3.6.1. Procedimiento experimental

En el presente trabajo de investigación se empleó 2 Kg. de cacao fresco para el tratamiento sin fermentación y una masa superior a los 60 Kg. para el tratamiento de fermentación en cajas de madera; de los materiales en estudio (EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103, CCN-51), fueron recolectadas únicamente mazorcas de cacao sanas y maduras; los materiales fueron cultivados en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, cantón Mocache, provincia de Los Ríos. Las muestras recolectadas de cacao fresco para someterlas al condicionamiento de sin fermentación son colocadas directamente en mesas de secado dentro de una marquesina y expuestas al secado natural o solar. La masa de cacao fresco recolectado para el condicionamiento fermentación en cajas de madera, es colocada en cajones de 60 cm³ con perforaciones en el fondo para el drenaje del mucílago, se cubrió la masa con sacos de yute para conservar el calor; el tiempo de fermentación de los materiales EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2 y EET-103, fue de 96 horas (4 días) con la primera remoción a las 24 horas y la segunda a las 72 horas; para el cacao CCN-51 el tiempo de fermentación fue de 144 horas (6 días) con el primer volteo a las 48 horas y después cada 24 horas hasta terminar la fermentación. Finalizado el tiempo de fermentación, se procedió al secado natural en las mesas de la marquesina hasta obtener una humedad del 6 o 7 %; para las muestras sin fermentación y fermentadas en cajas, el tiempo de secado fue de 6 a 9 días, con remociones diarias cada dos horas. Los análisis de las variables físicas de las almendras de cacao se efectuaron en el Laboratorio de Calidad Integral de Cacao - (EET-Pichilingue). El análisis del porcentaje de humedad de almendras se midió mediante un Higrómetro Aqua-Boy KAM III, con electrodo de cubilete (KPM 202). El porcentaje de testa o cascarilla y el índice de almendra, se determinó mediante la metodología de la Publicación Miscelánea No.433, INIAP, EET-Pichilingue, 2016. El peso de 100 almendras se obtuvo mediante una balanza de precisión de laboratorio Ohaus Pioneer 0,01g., para luego clasificarlas dentro de los criterios de calidad de la norma INEN 176. El porcentaje de fermentación se consiguió mediante la técnica de la “Prueba de Corte” utilizando una guillotina MAGRA 14, el método se basó en la norma INEN-ISO 1114, para evaluar la calidad de los granos de cacao y la fermentación se utilizó la norma INEN 176.

Los análisis de las variables químicas se enviaron a realizar de manera distinguida; el análisis químico proximal se envió a realizar al Laboratorio de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina, y consistió en determinar ceniza, extracto etéreo, proteína, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, del cotiledón y cascarrilla. Las muestras fueron analizadas bajo el método referencial U. Florida 1970, método MO-LSAIA-01. El análisis de minerales totales se envió a realizar al Laboratorio de Análisis de Suelos, Tejidos Vegetales y Aguas de la EET-Pichilingue y consistió en determinar macroelementos (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre), microelementos (boro, zinc, cobre, hierro, manganeso), del cotiledón y la cascarrilla. Las muestras fueron analizadas bajo el método de referencia U. Florida 1980, método MO-LSAIA-03.

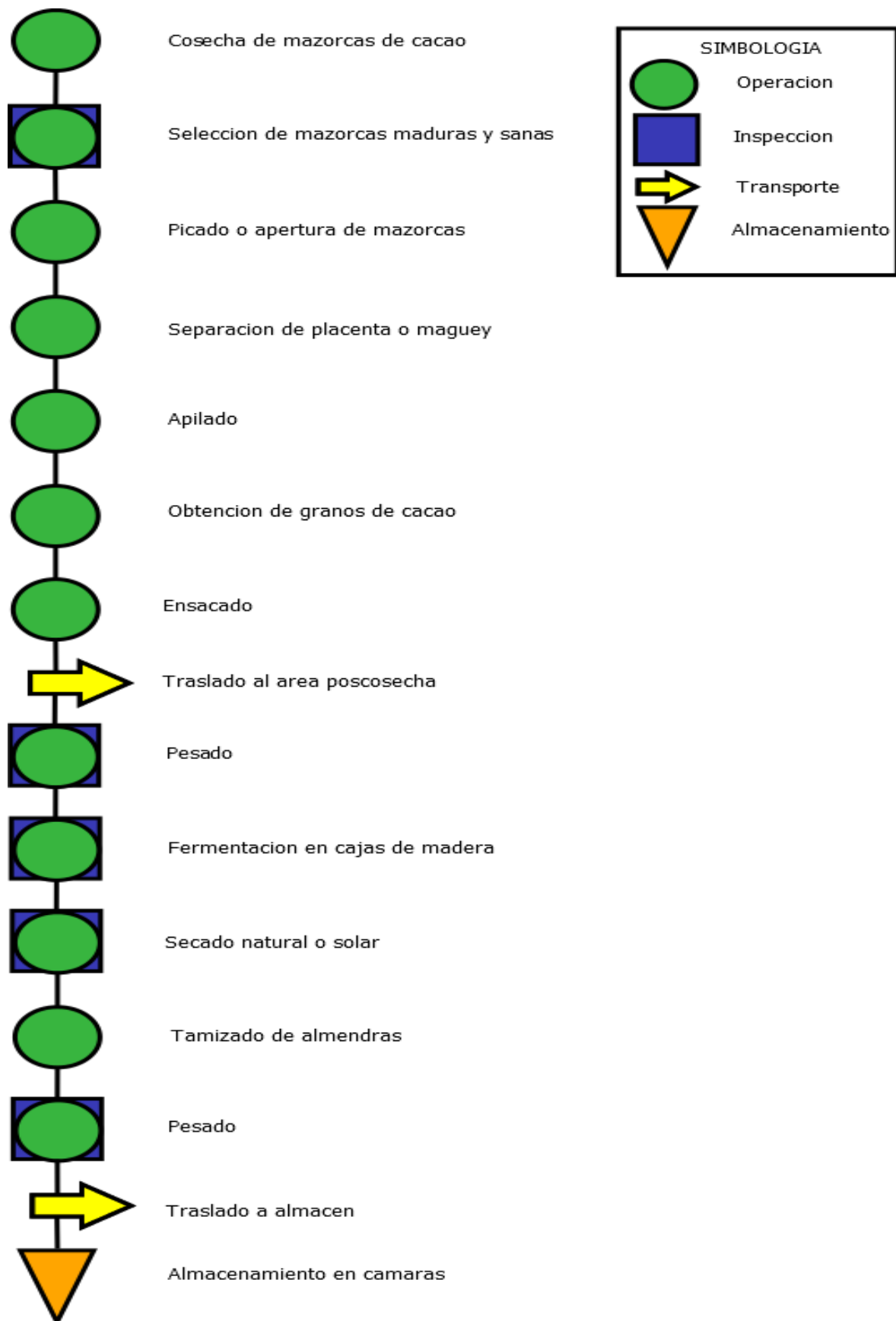
3.6.2. Diagramas de flujo en el proceso de acondicionamiento del cacao

- Almendras de cacao sin fermentar



Elaborado por: Rosero, A. 2017.

- **Almendras de cacao fermentadas**



Elaborado por: Rosero, A. 2017.

3.7. Tratamiento de los datos

Para determinar diferencias significativas se aplicó la prueba de Tukey ($P \leq 0,05$). Con un análisis correlacional de Pearson, se examinó el comportamiento de distintos pares de variables para determinar su grado de asociación y mediante un análisis de conglomerados se agrupó las variables de mayor similitud y diferencia. La herramienta estadística utilizada fue el software STATGRAPHICS Centurión XVI versión 16.1.03.

3.8. Recursos materiales

Durante el desarrollo de la investigación en la Estación Experimental Tropical Pichilingue, se necesitó de la materia prima de cacao del Programa de Cacao, las instalaciones y herramientas del Área de Poscosecha y de los materiales del Laboratorio de Calidad Integral de Cacao.

3.8.1. Materia prima de cacao

Se evaluaron seis materiales, pertenecientes al Programa de Cacao, los mismos que se presentan en la tabla 9.

Tabla 9. Clones de cacao utilizado en la investigación.

N°	Clones de cacao
1	EETP – 800
2	EETP – 801
3	CLON - 1
4	CLON - 2
5	EET – 103
6	CCN – 51

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

3.8.2. Material del área poscosecha

Para realizar el proceso de beneficio de cacao que implica las operaciones de fermentación y secado, se necesitó de las instalaciones y herramientas del Área Poscosecha que se detallan a continuación en la tabla 10.

Tabla 10. Instalaciones y herramientas utilizadas en la poscosecha.

Instalación	Herramientas
• Marquesina. • Cajas de fermentación. • Mesas de secado.	• Pala de madera. • Baldes. • Sacos de yute.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

3.8.3. Material de laboratorio

Los materiales y equipos utilizados del Laboratorio de Calidad Integral de Cacao para realizar los análisis físicos de las almendras, se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Materiales y equipos utilizados en el análisis físico de las almendras.

Análisis	Materiales de laboratorio	
	Equipo	
% Humedad	• Higrómetro Aqua-Boy KAM III. con electrodo de cubilete (KPM 202).	
	Material	Equipo
% Testa	• Estilete.	• Balanza de precisión de laboratorio Ohaus Pioneer 0,01g.
	Equipo	
Índice de almendra y Peso de 100 almendra (g)	• Balanza de precisión de laboratorio Ohaus Pioneer 0,01g.	
	Equipo	
% de Fermentación	• Guillotina MAGRA 14.	

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis físicos en la almendra de cacao

4.1.1.1. Análisis de Varianza de Humedad de almendra (%)

Tabla 12. ADEVA para Humedad de almendra (%).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,604271	5	0,120854	0,83	0,5562
FACTOR B	4,20844	1	4,20844	28,79	0,0002
REPLICAS	0,338437	1	0,338437	2,32	0,1563
INTERACCIONES					
AB	0,583438	5	0,116688	0,80	0,5732
RESIDUOS	1,60781	11	0,146165		
TOTAL (CORREGIDO)	7,3424	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 5,98.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En la tabla 12 el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de humedad en la almendra de cacao, indicó que en el factor B (Acondicionamiento) existió diferencia significativa, mientras que en el factor A (Clones de cacao), réplicas y en la interacción AB, no existió diferencia significativa.

4.1.1.2. Análisis de Varianza de Testa (%)

Tabla 13. ADEVA para Testa (%).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	26,3655	5	5,27309	91,82	0,0000
FACTOR B	10,8676	1	10,8676	189,23	0,0000
REPLICAS	0,207204	1	0,207204	3,61	0,0840
INTERACCIONES					
AB	3,47337	5	0,694674	12,10	0,0004
RESIDUOS	0,631746	11	0,0574314		
TOTAL (CORREGIDO)	41,5454	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 1,53.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: La tabla 13 muestra el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de testa en la almendra de cacao, pudiéndose observar que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB; mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.1.3. Análisis de Varianza de Índice de almendra (g)

Tabla 14. ADEVA para Índice de almendra (g).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,230071	5	0,0460142	3,78	0,0308
FACTOR B	0,119004	1	0,119004	9,78	0,0096
REPLICAS	0,0165375	1	0,0165375	1,36	0,2685
INTERACCIONES					
AB	0,0268708	5	0,00537417	0,44	0,8108
RESIDUOS	0,133913	11	0,0121739		
TOTAL (CORREGIDO)	0,526396	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 7,91.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) del índice de almendra (g), presentado en la tabla 14, muestra que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao) y en el factor B (Acondicionamiento), mientras que en las réplicas e interacción AB no existió diferencia significativa.

4.1.1.4. Análisis de Varianza de Peso de 100 almendras (g)

Tabla 15. ADEVA para Peso de 100 almendras (g).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	2169,99	5	433,998	3,84	0,0293
FACTOR B	583,219	1	583,219	5,16	0,0441
REPLICAS	377,23	1	377,23	3,34	0,0949
INTERACCIONES					
AB	88,2838	5	17,6568	0,16	0,9736
RESIDUOS	1242,78	11	112,98		
TOTAL (CORREGIDO)	4461,5	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 7,55.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: De acuerdo al análisis de varianza (ADEVA) del peso de 100 almendras (g) expuesto en la tabla 15, se observó que en el factor A (Clones de cacao) y en el factor B (Acondicionamiento) hubo diferencia significativa, mientras que en las réplicas e interacción AB no hubo diferencia significativa.

4.1.1.5. Análisis de Varianza de la Fermentación (%)

Tabla 16. ADEVA para Almendras con buena fermentación (%).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	26,8333	5	5,36667	0,68	0,6480
FACTOR B	322,667	1	322,667	40,88	0,0001
REPLICAS	20,1667	1	20,1667	2,55	0,1383
INTERACCIONES					
AB	26,8333	5	5,36667	0,68	0,6480
RESIDUOS	86,8333	11	7,89394		
TOTAL (CORREGIDO)	483,333	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 76,63.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Con relación al análisis de varianza (ADEVA) de almendras de cacao con buena fermentación (%) detallado en la tabla 16, se encontró que el factor B (Acondicionamiento) tuvo diferencia significativa, mientras que en el factor A, replicas e interacción AB no tuvo diferencia significativa.

Tabla 17. ADEVA para Almendras con parcial fermentación (%).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	560,875	5	112,175	4,34	0,0200
FACTOR B	31901,0	1	31901,0	1233,61	0,0000
REPLICAS	22,0417	1	22,0417	0,85	0,3757
INTERACCIONES					
AB	455,208	5	91,0417	3,52	0,0381
RESIDUOS	284,458	11	25,8598		
TOTAL (CORREGIDO)	33223,6	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 12,91.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: La tabla 17 detalla el análisis de varianza (ADEVA) de almendras de cacao con parcial fermentación (%), además reveló que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento), e interacción AB y que no existió diferencia significativa en las réplicas.

Tabla 18. ADEVA para Fermentación total (%).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	492,708	5	98,5417	2,76	0,0743
FACTOR B	38640,4	1	38640,4	1083,95	0,0000
REPLICAS	84,375	1	84,375	2,37	0,1522
INTERACCIONES					
AB	459,375	5	91,875	2,58	0,0886
RESIDUOS	392,125	11	35,6477		
TOTAL (CORREGIDO)	40069,0	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 13,87.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de fermentación total en las almendras de cacao, expuesto en la tabla 18, indicó que existió diferencia significativa en el factor B (Acondicionamiento), mientras que en el factor A (Clones de cacao), replicas e interacción AB no existió diferencia significativa.

Tabla 19. ADEVA para Almendras violetas (%).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	637,208	5	127,442	2,73	0,0767
FACTOR B	1218,38	1	1218,38	26,10	0,0003
REPLICAS	40,0417	1	40,0417	0,86	0,3742
INTERACCIONES					
AB	377,875	5	75,575	1,62	0,2345
RESIDUOS	513,458	11	46,678		
TOTAL (CORREGIDO)	2786,96	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 68,61.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Por medio del análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 19 correspondiente al porcentaje de almendras de cacao violetas, se expuso que existió diferencia significativa únicamente en el factor B (Acondicionamiento), mientras que en el factor A (Clones de cacao), replicas e interacción AB no existió diferencia significativa.

Tabla 20. ADEVA para Almendras pizarrosas (%).

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	70,875	5	14,175	4,28	0,0209
FACTOR B	53298,4	1	53298,4	16080,88	0,0000
REPLICAS	12,0417	1	12,0417	3,63	0,0831
INTERACCIONES					
AB	70,875	5	14,175	4,28	0,0209
RESIDUOS	36,4583	11	3,31439		
TOTAL (CORREGIDO)	53488,6	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 3,86.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 20 referente al porcentaje de almendras de cacao pizarrosas, mostró que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.2. Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis químicos proximales en el cotiledón de la almendra de cacao

4.1.2.1. Análisis de Varianza de Ceniza (%)

Tabla 21. ADEVA para Ceniza (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	1,73584	5	0,347168	1357,81	0,0000
FACTOR B	2,03584	1	2,03584	7962,39	0,0000
REPLICAS	0,0000375	1	0,0000375	0,15	0,7090
INTERACCIONES					
AB	0,969037	5	0,193807	758,00	0,0000
RESIDUOS	0,0028125	11	0,000255682		
TOTAL (CORREGIDO)	4,74356	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,42.

Elaborado Por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Según la tabla 21, el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de ceniza en el cotiledón de la almendra de cacao, indicó que en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, existió diferencia significativa, mientras que en las réplicas, no existió diferencia significativa.

4.1.2.2. Análisis de Varianza de Extracto etéreo (%)

Tabla 22. ADEVA para Extracto etéreo (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	41,8681	5	8,37362	9355,21	0,0000
FACTOR B	147,858	1	147,858	165190,16	0,0000
REPLICAS	0,000204167	1	0,000204167	0,23	0,6423
INTERACCIONES					
AB	37,6901	5	7,53802	8421,66	0,0000
RESIDUOS	0,00984583	11	0,000895076		
TOTAL (CORREGIDO)	227,426	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,06.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: La tabla 22 muestra el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de extracto etéreo en el cotiledón de la almendra de cacao, pudiéndose observar que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB; mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.2.3. Análisis de Varianza de Proteína (%)

Tabla 23. ADEVA para Proteína (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	3,24123	5	0,648247	1018,67	0,0000
FACTOR B	43,4704	1	43,4704	68310,65	0,0000
REPLICAS	0,0006	1	0,0006	0,94	0,3524
INTERACCIONES					
AB	21,2747	5	4,25494	6686,33	0,0000
RESIDUOS	0,007	11	0,000636364		
TOTAL (CORREGIDO)	67,9939	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,17.

Elaborado Por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de proteína, presentado en la tabla 23, muestra que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), en el factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.2.4. Análisis de Varianza de Fibra cruda (%)

Tabla 24. ADEVA para Fibra cruda (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	13,1471	5	2,62942	5671,30	0,0000
FACTOR B	73,0806	1	73,0806	157624,82	0,0000
REPLICAS	0,0006	1	0,0006	1,29	0,2795
INTERACCIONES					
AB	14,3659	5	2,87317	6197,03	0,0000
RESIDUOS	0,0051	11	0,000463636		
TOTAL (CORREGIDO)	100,599	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,39.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: De acuerdo al análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de fibra cruda, mostrado en la tabla 24, se observó que en el factor A (Clones de cacao), en el factor B (Acondicionamiento), e interacción AB, hubo diferencia significativa, mientras que en las réplicas no hubo diferencia significativa.

4.1.2.5. Análisis de Varianza de Extracto libre de nitrógeno (%)

Tabla 25. ADEVA para Extracto libre de nitrógeno (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	78,4324	5	15,6865	19948,13	0,0000
FACTOR B	133,67	1	133,67	169985,48	0,0000
REPLICAS	0,00015	1	0,00015	0,19	0,6707
INTERACCIONES					
AB	21,0677	5	4,21354	5358,26	0,0000
RESIDUOS	0,00865	11	0,000786364		
TOTAL (CORREGIDO)	233,179	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,11.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Con relación al análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de extracto libre de nitrógeno, en el cotiledón de la almendras de cacao, exhibido en la tabla 25, se encontró que el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento), e interacción AB, tuvo diferencia significativa, mientras que en las réplicas no tuvo diferencia significativa.

4.1.3. Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis químicos de minerales totales en el cotiledón de la almendra de cacao

4.1.3.1. Análisis de Varianza de Macroelementos (%)

Tabla 26. ADEVA para Nitrógeno (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,565271	5	0,113054	442,17	0,0000
FACTOR B	1,7876	1	1,7876	6991,52	0,0000
REPLICAS	0,0003375	1	0,0003375	1,32	0,2750
INTERACCIONES					
AB	0,762771	5	0,152554	596,66	0,0000
RESIDUOS	0,0028125	11	0,000255682		
TOTAL (CORREGIDO)	3,1188	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,78.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: La tabla 26 detalla el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de nitrógeno en el cotiledón de las almendras de cacao, revelando que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento), e interacción AB y que no existió diferencia significativa en las réplicas.

Tabla 27. ADEVA para Fósforo (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,126288	5	0,0252575	63,93	0,0000
FACTOR B	0,377504	1	0,377504	955,52	0,0000
REPLICAS	0,000504167	1	0,000504167	1,28	0,2827
INTERACCIONES					
AB	0,0494208	5	0,00988417	25,02	0,0000
RESIDUOS	0,00434583	11	0,000395076		
TOTAL (CORREGIDO)	0,558062	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 5,54.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de fósforo en el cotiledón de las almendras de cacao, expuesto en la tabla 27, indicó que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

Tabla 28. ADEVA para Potasio (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,812233	5	0,162447	234,09	0,0000
FACTOR B	0,806667	1	0,806667	1162,45	0,0000
REPLICAS	0,00166667	1	0,00166667	2,40	0,1495
INTERACCIONES					
AB	0,317583	5	0,0635167	91,53	0,0000
RESIDUOS	0,00763333	11	0,000693939		
TOTAL (CORREGIDO)	1,94578	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 3,10.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Por medio del análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 28, correspondiente al porcentaje de potasio en el cotiledón de las almendras de cacao, se puede mencionar que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), en el factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, mientras que en las réplicas, no existió diferencia significativa.

Tabla 29. ADEVA para Calcio (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,1155	5	0,0231	111,28	0,0000
FACTOR B	1,03335	1	1,03335	4978,18	0,0000
REPLICAS	0,0000166667	1	0,0000166667	0,08	0,7822
INTERACCIONES					
AB	0,0783	5	0,01566	75,44	0,0000
RESIDUOS	0,00228333	11	0,000207576		
TOTAL (CORREGIDO)	1,22945	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 3,02.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 29, referente al porcentaje de calcio en el cotiledón de las almendra de cacao, mostró que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, mientras que en las réplicas, no existió diferencia significativa.

Tabla 30. ADEVA para Magnesio (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,0345833	5	0,00691667	30,64	0,0000
FACTOR B	0	1	0	0,00	1,0000
REPLICAS	0,000816667	1	0,000816667	3,62	0,0837
INTERACCIONES					
AB	0,02945	5	0,00589	26,09	0,0000
RESIDUOS	0,00248333	11	0,000225758		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0673333	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 4,53.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Según la tabla 30, el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de magnesio en el cotiledón de la almendra de cacao, indicó que en el factor A (Clones de cacao) y en la interacción AB, existió diferencia significativa, mientras que en el factor B (Acondicionamiento) y en las réplicas, no existió diferencia significativa.

Tabla 31. ADEVA para Azufre (%) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,0148833	5	0,00297667	50,37	0,0000
FACTOR B	0,00375	1	0,00375	63,46	0,0000
REPLICAS	0,00015	1	0,00015	2,54	0,1394
INTERACCIONES					
AB	0,01255	5	0,00251	42,48	0,0000
RESIDUOS	0,00065	11	0,0000590909		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0319833	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 7,38.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: La tabla 31 muestra el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de azufre en el cotiledón de la almendra de cacao, pudiéndose observar que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB; mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.3.2. Análisis de Varianza de Microelementos (ppm)

Tabla 32. ADEVA para Boro (ppm) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	542,333	5	108,467	135,07	0,0000
FACTOR B	1536,0	1	1536,0	1912,75	0,0000
REPLICAS	0,166667	1	0,166667	0,21	0,6576
INTERACCIONES					
AB	364,0	5	72,8	90,66	0,0000
RESIDUOS	8,83333	11	0,80303		
TOTAL (CORREGIDO)	2451,33	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 2,73.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de boro (ppm) en el cotiledón de la almendra de cacao, presentado en la tabla 32, muestra que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), en el factor B (Acondicionamiento), e interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

Tabla 33. ADEVA para Zinc (ppm) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	1963,83	5	392,767	540,05	0,0000
FACTOR B	1040,17	1	1040,17	1430,23	0,0000
REPLICAS	0	1	0	0,00	1,0000
INTERACCIONES					
AB	2313,33	5	462,667	636,17	0,0000
RESIDUOS	8,0	11	0,727273		
TOTAL (CORREGIDO)	5325,33	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 2,09.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: De acuerdo al análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de zinc (ppm) en el cotiledón de la almendra de cacao, declarado en la tabla 33, se observó que en el factor A (Clones de cacao), en el factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB hubo diferencia significativa, mientras que en las réplicas no hubo diferencia significativa.

Tabla 34. ADEVA para Cobre (ppm) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	377,333	5	75,4667	452,80	0,0000
FACTOR B	150,0	1	150,0	900,00	0,0000
REPLICAS	0,166667	1	0,166667	1,00	0,3388
INTERACCIONES					
AB	272,5	5	54,5	327,00	0,0000
RESIDUOS	1,83333	11	0,166667		
TOTAL (CORREGIDO)	801,833	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 3,24.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Con relación al análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de cobre (ppm) en el cotiledón de las almendras de cacao, exhibido en la tabla 34, se encontró que en el factor A (Clones de cacao), en el factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, tuvo diferencia significativa, mientras que en las réplicas no tuvo diferencia significativa.

Tabla 35. ADEVA para Hierro (ppm) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	990,875	5	198,175	697,58	0,0000
FACTOR B	2501,04	1	2501,04	8803,67	0,0000
REPLICAS	0,375	1	0,375	1,32	0,2750
INTERACCIONES					
AB	1363,21	5	272,642	959,70	0,0000
RESIDUOS	3,125	11	0,284091		
TOTAL (CORREGIDO)	4858,63	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 1,27.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: La tabla 35 detalla el análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de hierro (ppm) en el cotiledón de las almendras de cacao ,además reveló que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento), e interacción AB y que no existió diferencia significativa en las réplicas.

Tabla 36. ADEVA para Manganeso (ppm) en el cotiledón.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	590,208	5	118,042	19,64	0,0000
FACTOR B	477,042	1	477,042	79,36	0,0000
REPLICAS	9,375	1	9,375	1,56	0,2377
INTERACCIONES					
AB	501,208	5	100,242	16,68	0,0001
RESIDUOS	66,125	11	6,01136		
TOTAL (CORREGIDO)	1643,96	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 14,90.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de manganeso (ppm) en el cotiledón de las almendras de cacao, expuesto en la tabla 36, indica que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, mientras que en las réplicas, no existió diferencia significativa.

4.1.4. Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis químicos proximales en la cascarilla de la almendra de cacao

4.1.4.1. Análisis de Varianza de Ceniza (%)

Tabla 37. ADEVA para Ceniza (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:FACTOR A	7,68967	5	1,53793	8845,63	0,0000
B:FACTOR B	42,907	1	42,907	246785,38	0,0000
C:REPLICAS	0,0003375	1	0,0003375	1,94	0,1911
INTERACCIONES					
AB	3,55737	5	0,711474	4092,14	0,0000
RESIDUOS	0,0019125	11	0,000173864		
TOTAL (CORREGIDO)	54,1563	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,18.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Por medio del análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 37, correspondiente al porcentaje de ceniza en la cascarilla de la almendra de cacao, se puede mencionar que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.4.2. Análisis de Varianza de Extracto etéreo (%)

Tabla 38. ADEVA para Extracto etéreo (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	19,1831	5	3,83663	22408,64	0,0000
FACTOR B	24,04	1	24,04	140410,72	0,0000
REPLICAS	0,0000166667	1	0,0000166667	0,10	0,7609
INTERACCIONES					
AB	12,5309	5	2,50619	14637,90	0,0000
RESIDUOS	0,00188333	11	0,000171212		
TOTAL (CORREGIDO)	55,756	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,46.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 38, referente al porcentaje de extracto etéreo presente en la cascarilla de la almendra de cacao, mostró que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.4.3. Análisis de Varianza de Proteína (%)

Tabla 39. ADEVA para Proteína (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	56,9029	5	11,3806	55741,59	0,0000
FACTOR B	86,754	1	86,754	424917,73	0,0000
REPLICAS	0,000104167	1	0,000104167	0,51	0,4899
INTERACCIONES					
AB	43,2918	5	8,65837	42408,33	0,0000
RESIDUOS	0,00224583	11	0,000204167		
TOTAL (CORREGIDO)	186,951	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,08.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Según la tabla 39, el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de proteína en la cascarilla de la almendra de cacao, indicó que en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, existió diferencia significativa, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.4.4. Análisis de Varianza de Fibra cruda (%)

Tabla 40. ADEVA para Fibra cruda (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	69,4572	5	13,8914	63339,23	0,0000
FACTOR B	2,8912	1	2,8912	13182,69	0,0000
REPLICAS	0,0000375	1	0,0000375	0,17	0,6872
INTERACCIONES					
AB	39,3617	5	7,87234	35894,63	0,0000
RESIDUOS	0,0024125	11	0,000219318		
TOTAL (CORREGIDO)	111,713	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,08.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: La tabla 40 muestra el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de fibra cruda, presente en la cascarilla de la almendra de cacao, donde se observó que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB; mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.4.5. Análisis de Varianza de Extracto libre de nitrógeno (%)

Tabla 41. ADEVA para Extracto libre de nitrógeno (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	144,15	5	28,83	253704,41	0,0000
FACTOR B	14,5704	1	14,5704	128219,67	0,0000
REPLICAS	0,00015	1	0,00015	1,32	0,2750
INTERACCIONES					
AB	50,8415	5	10,1683	89481,10	0,0000
RESIDUOS	0,00125	11	0,000113636		
TOTAL (CORREGIDO)	209,564	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,02.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de extracto libre de nitrógeno en la cascarilla de la almendra de cacao, presentado en la tabla 41, muestra que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), en el factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.5. Resultados del Análisis de Varianza respecto a los datos de los análisis químicos de minerales totales en la cascarilla de la almendra de cacao

4.1.5.1. Análisis de Varianza de Macroelementos (%)

Tabla 42. ADEVA para Nitrógeno (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	2,34634	5	0,469267	3339,26	0,0000
FACTOR B	1,89844	1	1,89844	13509,10	0,0000
REPLICAS	0,000504167	1	0,000504167	3,59	0,0848
INTERACCIONES					
AB	0,837437	5	0,167487	1191,82	0,0000
RESIDUOS	0,00154583	11	0,00014053		
TOTAL (CORREGIDO)	5,08426	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,60.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: De acuerdo al análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de nitrógeno en la cascarilla de la almendra de cacao, mostrado en la tabla 42, se observó que en el factor A (Clones de cacao) en el factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, hubo diferencia significativa, mientras que en las réplicas no hubo diferencia significativa.

Tabla 43. ADEVA para Fósforo (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,0200833	5	0,00401667	75,74	0,0000
FACTOR B	0,1536	1	0,1536	2896,46	0,0000
REPLICAS	0,0000166667	1	0,0000166667	0,31	0,5863
INTERACCIONES					
AB	0,03165	5	0,00633	119,37	0,0000
RESIDUOS	0,000583333	11	0,0000530303		
TOTAL (CORREGIDO)	0,205933	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 3,08.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Con relación al análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de fósforo en la cascarilla de la almendra de cacao, exhibido en la tabla 43, se encontró que en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, tuvo diferencia significativa, mientras que en las réplicas no tuvo diferencia significativa.

Tabla 44. ADEVA para Potasio (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	2,93992	5	0,587984	3776,83	0,0000
FACTOR B	8,5801	1	8,5801	55113,08	0,0000
REPLICAS	0,0003375	1	0,0003375	2,17	0,1689
INTERACCIONES					
AB	1,50462	5	0,300924	1932,94	0,0000
RESIDUOS	0,0017125	11	0,000155682		
TOTAL (CORREGIDO)	13,0267	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,51.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: La tabla 44 detalla el análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de potasio, presente en la cascarilla de la almendra de cacao, además reveló que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento), e interacción AB y que no existió diferencia significativa en las réplicas.

Tabla 45. ADEVA para Calcio (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,0246833	5	0,00493667	65,16	0,0000
FACTOR B	0,88935	1	0,88935	11739,42	0,0000
REPLICAS	0,0000666667	1	0,0000666667	0,88	0,3683
INTERACCIONES					
AB	0,00365	5	0,00073	9,64	0,0010
RESIDUOS	0,000833333	11	0,0000757576		
TOTAL (CORREGIDO)	0,918583	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 1,55.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) del porcentaje de calcio en la cascarilla de la almendra de cacao, expuesto en la tabla 45, indica que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

Tabla 46. ADEVA para Magnesio (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,0344333	5	0,00688667	51,07	0,0000
FACTOR B	0,4374	1	0,4374	3243,64	0,0000
REPLICAS	0,0000166667	1	0,0000166667	0,12	0,7318
INTERACCIONES					
AB	0,0298	5	0,00596	44,20	0,0000
RESIDUOS	0,00148333	11	0,000134848		
TOTAL (CORREGIDO)	0,503133	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 3,00.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Por medio del análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 46, correspondiente al porcentaje de magnesio en la cascarilla de la almendra de cacao, se puede mencionar que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), en el factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, mientras que las réplicas no existió diferencia significativa.

Tabla 47. ADEVA para Azufre (%) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	0,0060875	5	0,0012175	32,47	0,0000
FACTOR B	0,00350417	1	0,00350417	93,44	0,0000
REPLICAS	0,0000375	1	0,0000375	1,00	0,3388
INTERACCIONES					
AB	0,00462083	5	0,000924167	24,64	0,0000
RESIDUOS	0,0004125	11	0,0000375		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0146625	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 6,20.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) de la tabla 47 referente al porcentaje de azufre en la cascarilla de la almendra de cacao, mostró que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

4.1.5.2. Análisis de Varianza de Microelementos (ppm)

Tabla 48. ADEVA para Boro (ppm) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	10731,7	5	2146,34	3655,70	0,0000
FACTOR B	651,042	1	651,042	1108,87	0,0000
REPLICAS	2,04167	1	2,04167	3,48	0,0891
INTERACCIONES					
AB	3182,71	5	636,542	1084,17	0,0000
RESIDUOS	6,45833	11	0,587121		
TOTAL (CORREGIDO)	14574,0	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 1,14.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: Según la tabla 48, el análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de boro (ppm) en la cascarilla de la almendra de cacao, indicó que en el factor A (clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, existió diferencia significativa, mientras que en las réplicas, no existió diferencia significativa.

Tabla 49. ADEVA para Zinc (ppm) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	300,208	5	60,0417	107,83	0,0000
FACTOR B	40,0417	1	40,0417	71,91	0,0000
REPLICAS	0,375	1	0,375	0,67	0,4293
INTERACCIONES					
AB	604,208	5	120,842	217,02	0,0000
RESIDUOS	6,125	11	0,556818		
TOTAL (CORREGIDO)	950,958	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 1,56.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: La tabla 49 muestra el análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de zinc (ppm) en la cascarilla de la almendra de cacao y se observó que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB; mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

Tabla 50. ADEVA para Cobre (ppm) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	140,833	5	28,1667	48,92	0,0000
FACTOR B	748,167	1	748,167	1299,45	0,0000
REPLICAS	0,666667	1	0,666667	1,16	0,3049
INTERACCIONES					
AB	321,833	5	64,3667	111,79	0,0000
RESIDUOS	6,33333	11	0,575758		
TOTAL (CORREGIDO)	1217,83	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 4,36.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de cobre (ppm) en la cascarilla de la almendra de cacao, presentado en la tabla 50, muestra que existió diferencia significativa en el factor A (Clones de cacao), en el factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, mientras que en las réplicas no existió diferencia significativa.

Tabla 51. ADEVA para Hierro (ppm) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	8536,38	5	1707,28	1795,70	0,0000
FACTOR B	145,042	1	145,042	152,55	0,0000
REPLICAS	0,0416667	1	0,0416667	0,04	0,8380
INTERACCIONES					
AB	5397,71	5	1079,54	1135,45	0,0000
RESIDUOS	10,4583	11	0,950758		
TOTAL (CORREGIDO)	14089,6	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,82.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: De acuerdo al análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de hierro (ppm) en la cascarilla de la almendra de cacao, evidente en la tabla 51, se observó que en el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) y en la interacción AB, si hubo diferencia significativa, mientras que en las réplicas no hubo diferencia significativa.

Tabla 52. ADEVA para Manganeso (ppm) en la cascarilla.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
FACTOR A	402,708	5	80,5417	104,74	0,0000
FACTOR B	234,375	1	234,375	304,80	0,0000
REPLICAS	1,04167	1	1,04167	1,35	0,2691
INTERACCIONES					
AB	415,375	5	83,075	108,04	0,0000
RESIDUOS	8,45833	11	0,768939		
TOTAL (CORREGIDO)	1061,96	23			

Nivel de confianza: $p < 0,05$.

Coefficiente de variación: 0,98.

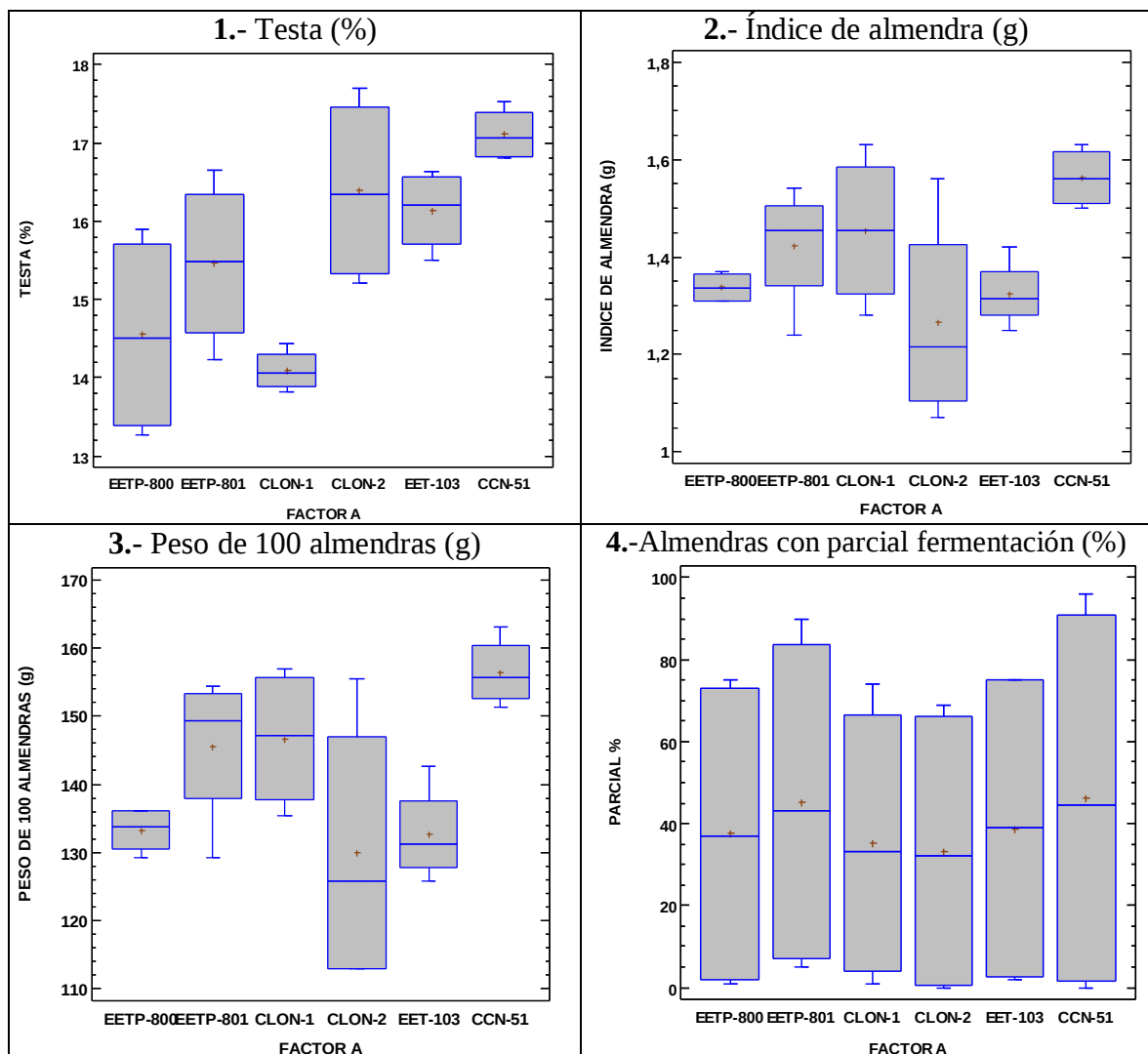
Elaborado por: Rosero, A. 2017.

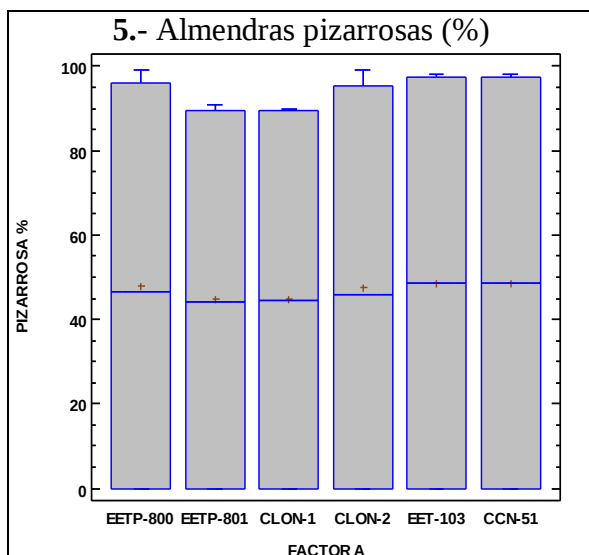
Interpretación: Con relación al análisis de varianza (ADEVA) de la concentración de manganeso (ppm) en la cascarilla de la almendras de cacao, exhibido en la tabla 16, se encontró que el factor A (Clones de cacao), factor B (Acondicionamiento) e interacción AB, tuvo diferencia significativa, mientras que en las réplicas no tuvo diferencia significativa.

4.2.1. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis físicos en la almendra de cacao

4.2.1.1. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)

Gráfico 1. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en: 1.- Testa (%); 2.- Índice de almendras (g); 3.- Peso de 100 almendras (g); 4.- Almendras con parcial fermentación (%); 5.- Almendras pizarrosas (%).



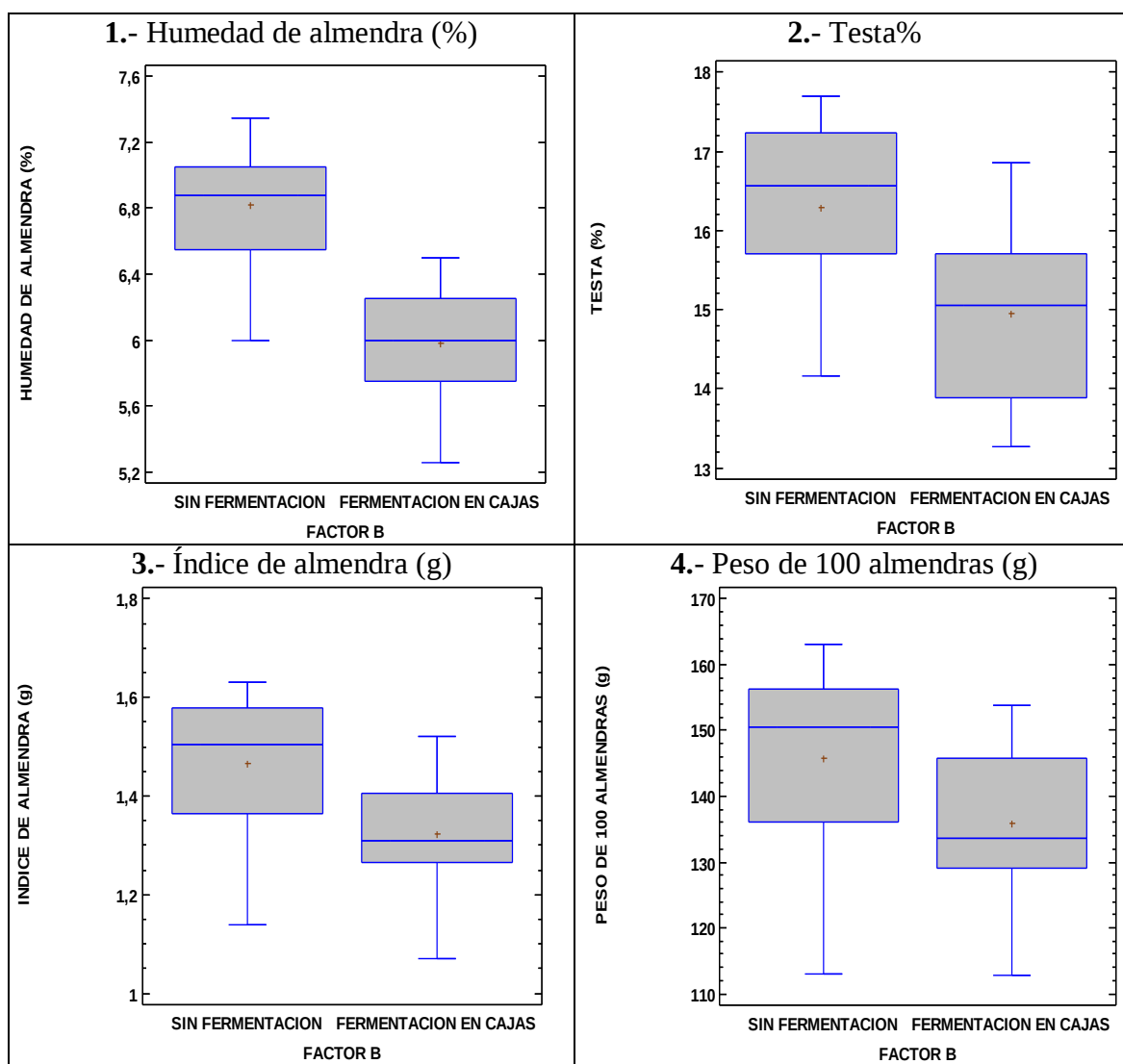


Elaborado por: Rosero, A. 2017.

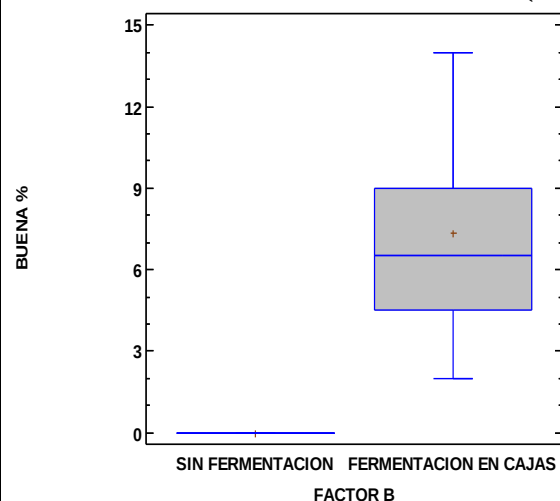
Interpretación: El gráfico 1 indicó diferencia significativa en los niveles del factor A para las siguientes variables: Porcentaje de testa el mayor valor lo obtuvo el CCN-51 (17,10%) seguido del CLON-2 (16,39 %) y el menor el CLON-1 (14,09 %). En el índice de almendras tenemos el valor más alto en el CCN-51 (1,56 g) seguido del CLON-1 (1,45 g) y el valor más bajo en CLON-2 (1,26 g). En el peso de 100 almendras se encontró que el más pesado es el CCN-51 (156,42 g) seguido del CLON-1 (146,67 g) y el menos pesado el CLON-2 (129,95 g). En almendras con parcial fermentación el mayor porcentaje lo obtuvo el CCN-51 (46,25 %) seguido del EETP-801 (45,25 %) y el menor porcentaje el CLON-2 (33,25 %). En almendras pizarrosas el porcentaje más alto lo obtuvieron el CCN-51 y EET-103 con (48,75 %) y el porcentaje más bajo el EETP-801 (44,75 %).

4.2.1.2. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento)

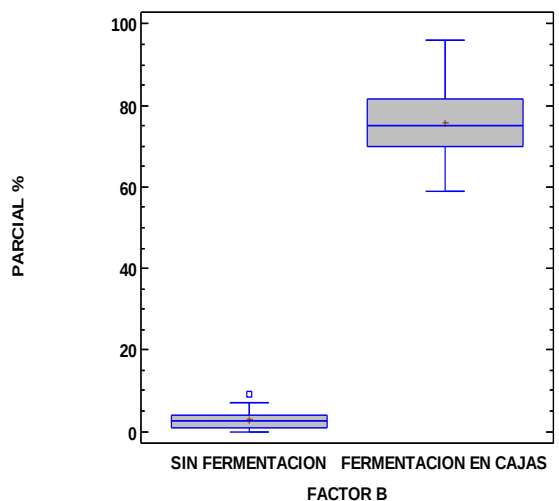
Gráfico 2. Diferencias de medias entre los niveles (b₀: Sin fermentación; b₁: Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey (p<0,05) en: 1.- Humedad de almendra (%); 2.- Testa (%); 3.- Índice de almendra (g); 4.- Peso de 100 almendras (g); 5.- Almendras con buena fermentación (%); 6.- Almendras con parcial fermentación (%); 7.- Fermentación total (%); 8.- Almendras violetas (%); 9.- Almendras pizarrosas (%).



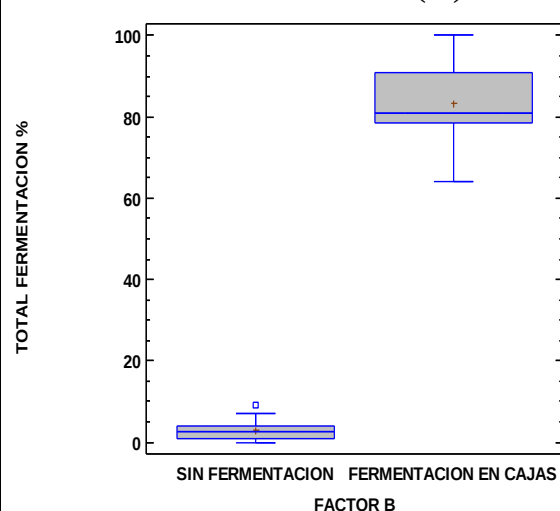
5.- Almendras con buena fermentación (%)



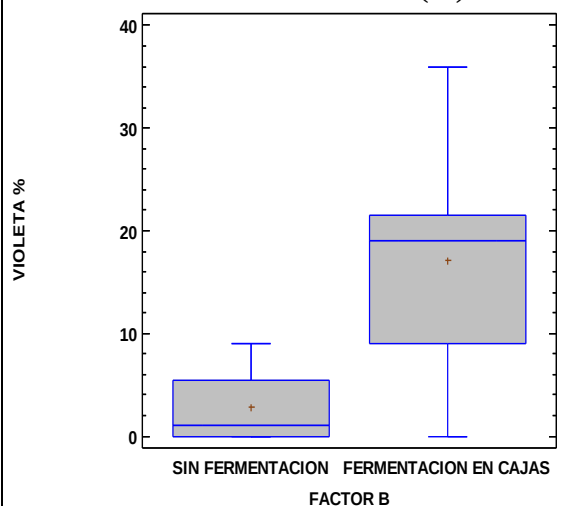
6.- Almendras con parcial fermentación (%)



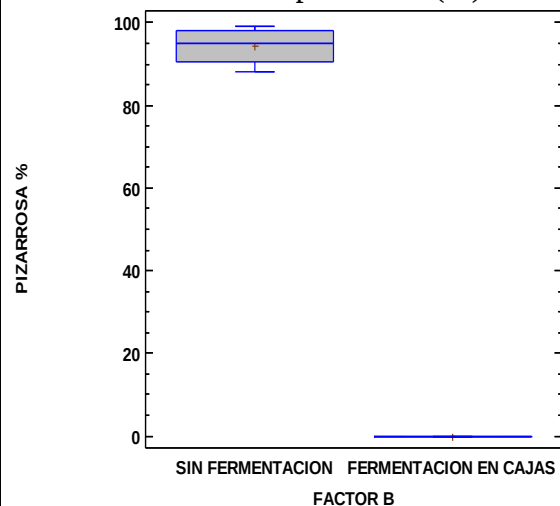
7.- Fermentación total (%)



8.- Almendras violetas (%)



9.- Almendras pizarrosas (%)

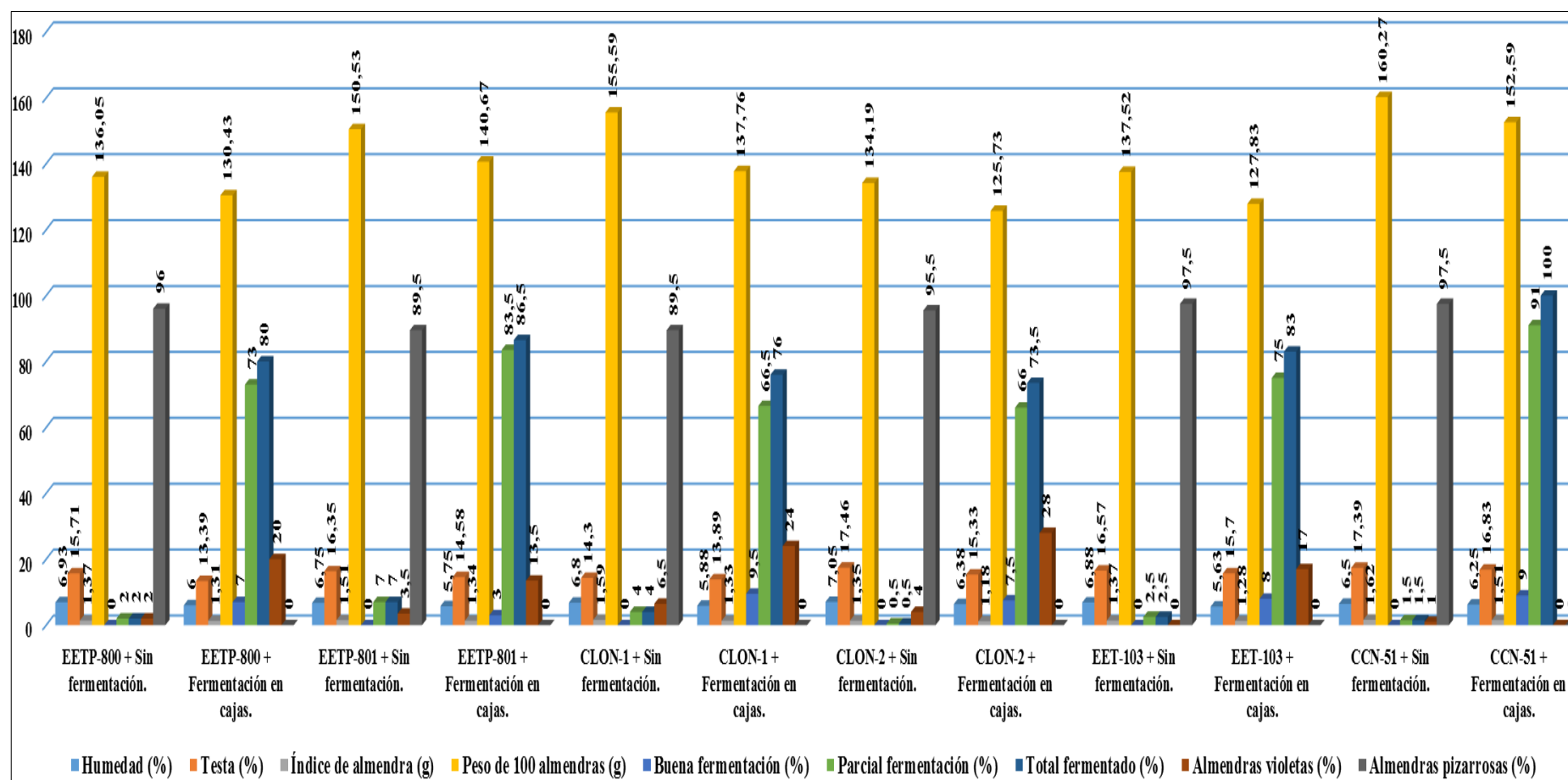


Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El gráfico 2 mostró diferencia significativa en los niveles del factor B para las siguientes variables: En el porcentaje de humedad de almendras, el porcentaje más elevado lo obtuvo la condición sin fermentación (6,81 %) y el más bajo la fermentación en cajas (5,97 %). En el porcentaje de testa, el valor más alto lo consiguió la condición sin fermentación (16,29 %) y el valor más bajo en fermentación en cajas (14,94 %). En índice de almendras se halló el mayor valor en la condición sin fermentación (1,46 g) y el menor valor en fermentación en cajas (1,32 g). En peso de 100 almendras la mayor cantidad se encontró en la condición sin fermentación (145,69 g) y la menor cantidad en fermentación en cajas (135,83 g). En almendras con buena fermentación el más alto porcentaje se mostró en la condición fermentación cajas (7,33 %) y el más bajo porcentaje en sin fermentación (0,00 %). Las almendras con parcial fermentación el valor más alto se consiguió en la condición fermentación en cajas (75,83 %) y el valor más bajo en sin fermentación (2,91 %). En porcentaje de fermentación total, se alcanzó el mayor valor en la condición fermentación en cajas (83,16 %) y el menor valor en sin fermentación (2,91 %). En almendras violetas, el mayor porcentaje se consiguió en la condición fermentación en cajas (17,08%) y el menor porcentaje en sin fermentación (2,83%). Las almendras pizarrosas, la mayor cantidad se logró en la condición sin fermentación (94,25 %) y la menor cantidad en fermentación en cajas (0,00 %).

4.2.1.3. Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento)

Gráfico 3. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$), en los análisis físicos de la almendra de cacao.



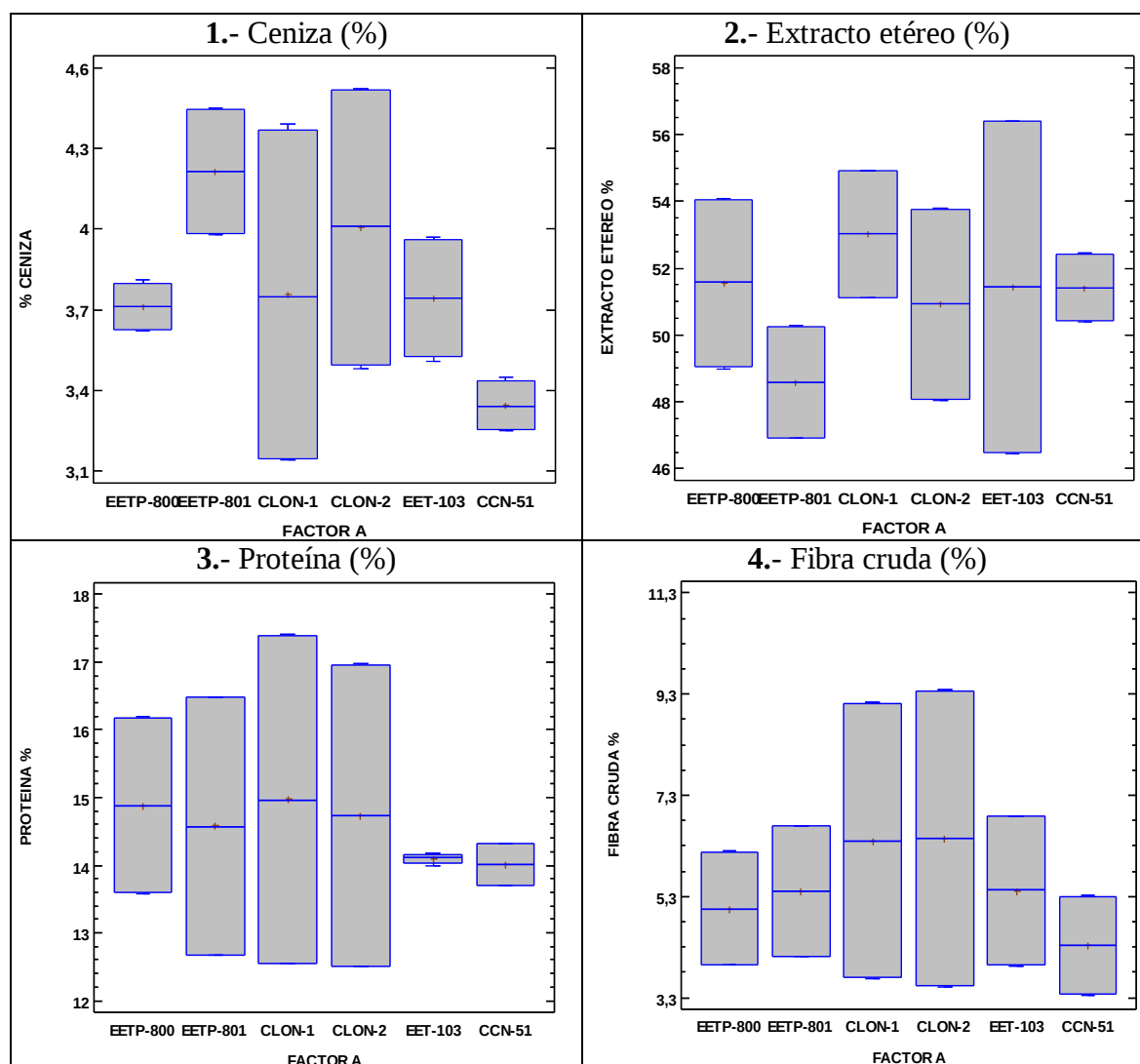
Elaborado por: Rosero, A. 2017.

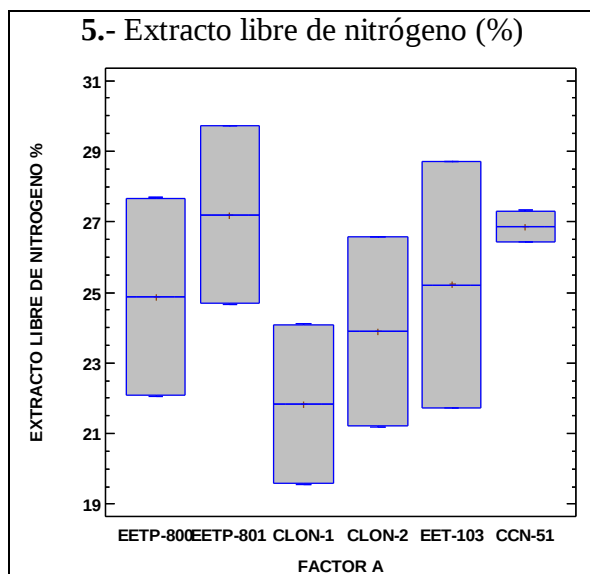
Interpretación: El gráfico 3 presentó los resultados de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) en la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento) en las siguientes variables: En humedad de almendra, no se encontró diferencia estadística, aunque el mayor valor (7,05 %) se registró en la interacción (CLON-2 + Sin fermentación) y el menor valor (5,63 %) en la interacción (EET-103 + Fermentación en cajas). En el porcentaje de testa se obtuvo diferencia significativa, teniendo el mayor porcentaje (17,46 %) en la interacción (CLON-2 + Sin fermentación) y el menor porcentaje (13,39 %) en la interacción (EETP-800 + Fermentación en cajas). El índice de almendras, no presentó diferencia estadística, sin embargo el mayor peso (1,62 g) se observó en la interacción (CCN-51 + Sin fermentación) y el menor peso (1,18 g) en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas). En el peso de 100 almendras, no mostró diferencia estadística, no obstante el resultado más alto (160,27 g) se halló en la interacción (CCN-51 + Sin fermentación) y el más bajo (125,73 g) en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas). En almendras con buena fermentación, no obtuvo diferencia estadística, pero se observó que el porcentaje más alto (9,50 %) está en la interacción (CLON-1 + Fermentación en cajas) y el más bajo (0,00 %) en las interacciones (CLON-1, CLON-2, CCN-51, EET-103, EETP-800, EETP-801 + Sin fermentación). En almendras con parcial fermentación, se encontró diferencia significativa, obteniendo el mayor porcentaje (91,00 %) en la interacción (CCN-51 + Fermentación en cajas) y el menor porcentaje (0,50 %) en la interacción (CLON-2 + Sin fermentación). En el porcentaje total de fermentación, no se reveló diferencia estadística, pero se puede observar que el mayor porcentaje (100 %) se encuentra en la interacción (CCN-51 + Fermentación en cajas) y el menor porcentaje (0,50 %) en la interacción (CLON-2 + Sin fermentación). En almendras violetas, no existe diferencia estadística, pero se puede apreciar que el valor más alto (28,0 %) lo tiene la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y el valor más bajo (0,00 %) las interacciones (CCN-51 + Fermentación en cajas) y (EET-103 + Sin fermentación). En las almendras pizarrosas, hay diferencia significativa, obteniendo el mayor porcentaje (97,50 %) en la interacción (EET-103 + Sin fermentación) y el menor porcentaje (0,00 %) en las interacciones (CLON-2, CLON-1, CCN-51, EET-103, EETP-800, EETP-801 + Fermentación en cajas).

4.2.2. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis químicos proximales en el cotiledón de la almendra de cacao

4.2.2.1. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)

Gráfico 4. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los análisis químicos proximales del cotiledón en: 1.- Ceniza (%); 2.- Extracto etéreo (%); 3.- Proteína (%); 4.- Fibra cruda (%); 5.- Extracto libre de nitrógeno (%).



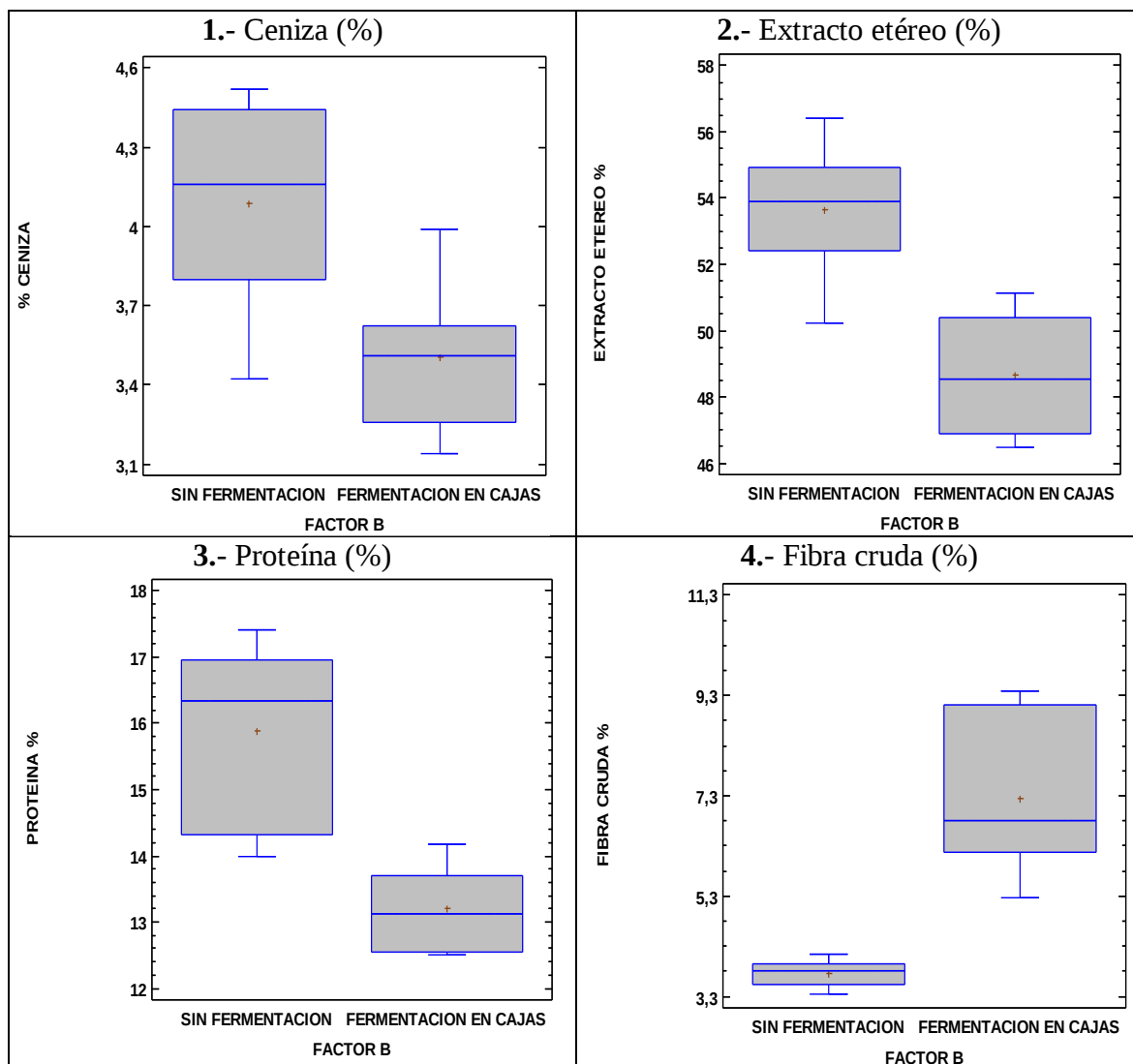


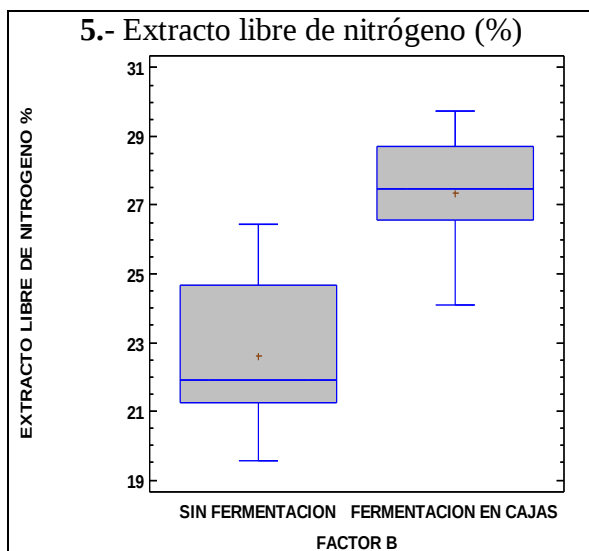
Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En el gráfico 4 se observó diferencia significativa en los niveles del factor A para las siguientes variables en el cotiledón: En ceniza el mayor valor lo obtuvo el EETP-801 (4,21 %) y el menor el CCN-51 (3,34 %). En extracto etéreo el valor más alto se encontró en el CLON-1 (53,02 %) y el valor más bajo en EETP-801 (48,58 %). En la proteína se encontró el mayor porcentaje en el CLON-1 (14,97 %) y el menor porcentaje en el CCN-51 (14,01 %). En fibra cruda el porcentaje superior lo obtuvo el CLON-2 (6,45 %) y el porcentaje inferior el CCN-51 (4,33 %). En extracto libre de nitrógeno el porcentaje más alto lo obtuvo el EETP-801 (27,20 %) y el porcentaje más bajo el CLON-1 (21,84%).

4.2.2.2. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento)

Gráfico 5. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los análisis químicos proximales del cotiledón en: 1.- Ceniza (%); 2.- Extracto etéreo (%); 3.- Proteína (%); 4.- Fibra cruda (%); 5.- Extracto libre de nitrógeno (%).



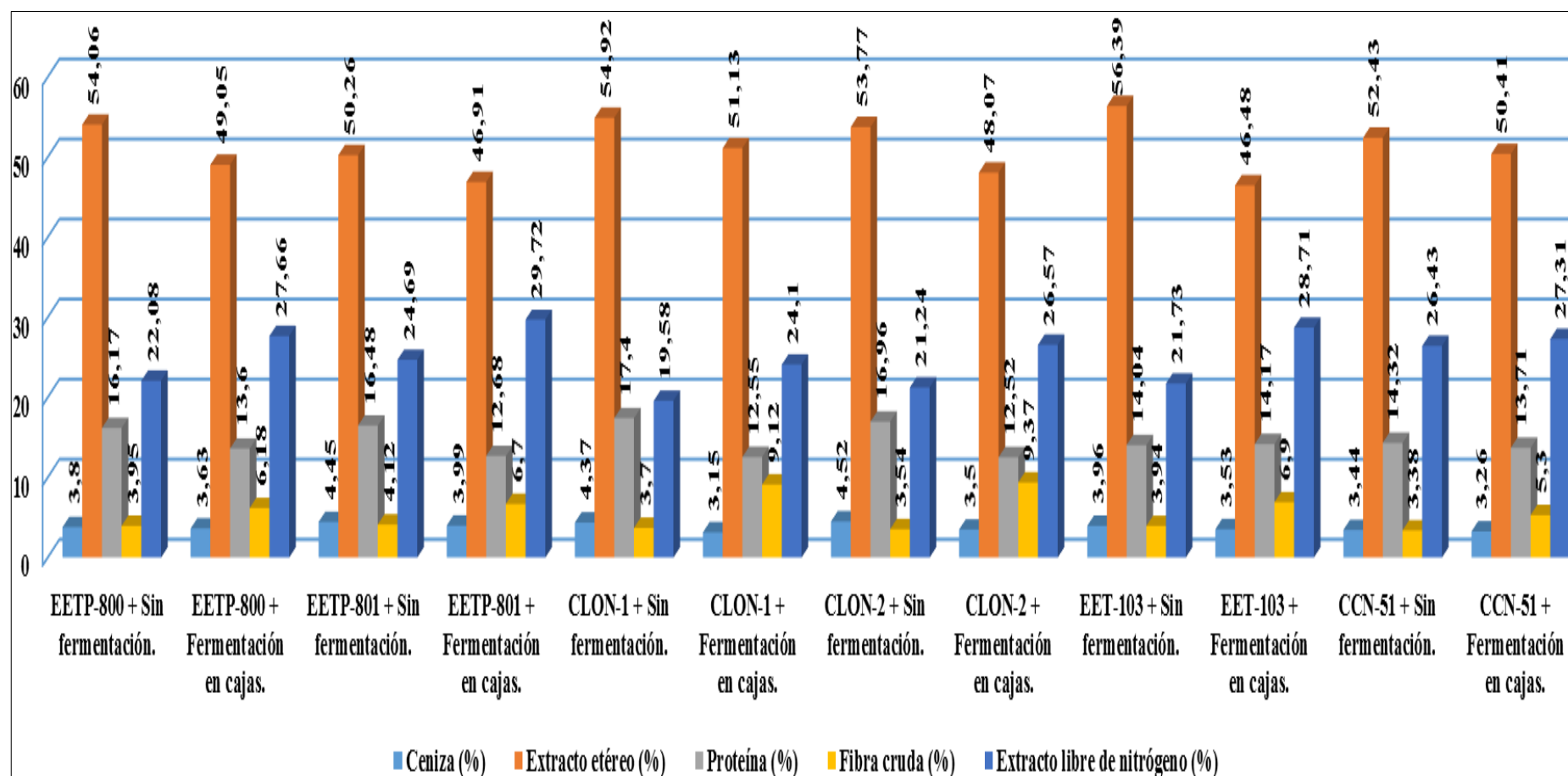


Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El gráfico 5 registró diferencia significativa en los niveles del factor B para las siguientes variables en el cotiledón: En ceniza el porcentaje más elevado lo obtuvo la condición sin fermentación (4,09 %) y el más bajo en la fermentación en cajas (3,50 %). En extracto etéreo el valor más alto lo consiguió la condición sin fermentación (53,64 %) y el valor más bajo en fermentación en cajas (48,67 %). En proteína se halló el mayor valor en la condición sin fermentación (15,89 %) y el menor valor en fermentación en cajas (13,20 %). En fibra cruda la mayor cantidad se encontró en la condición fermentación en cajas (7,26 %) y la menor cantidad en sin fermentación (3,77 %). En extracto libre de nitrógeno el más alto porcentaje se mostró en la condición fermentación cajas (27,34 %) y más bajo porcentaje en sin fermentación (22,62 %).

4.2.2.3. Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento)

Gráfico 6. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p<0,05$), en los análisis químicos proximales del cotiledón.



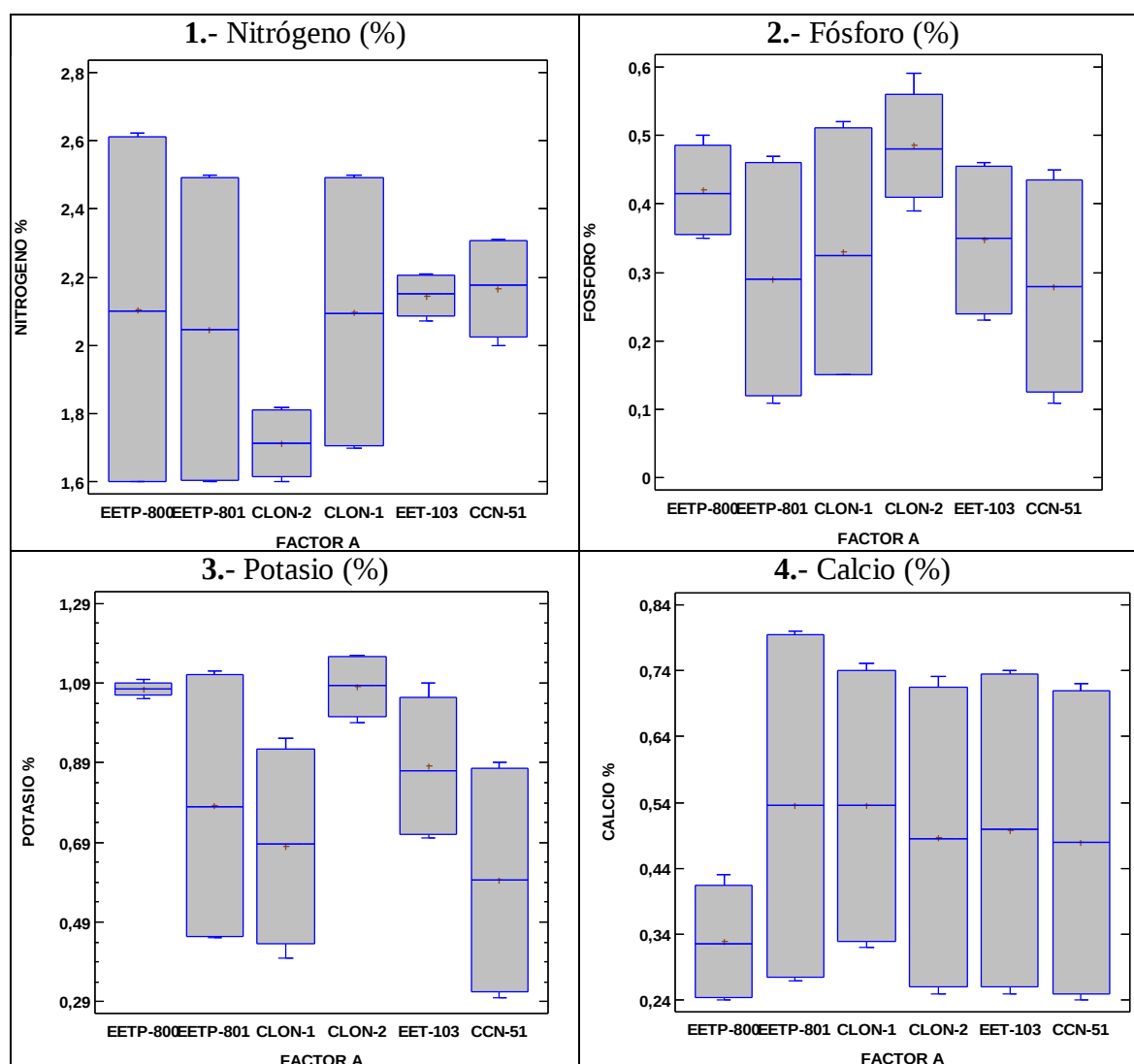
Elaborado por: Rosero, A. 2017.

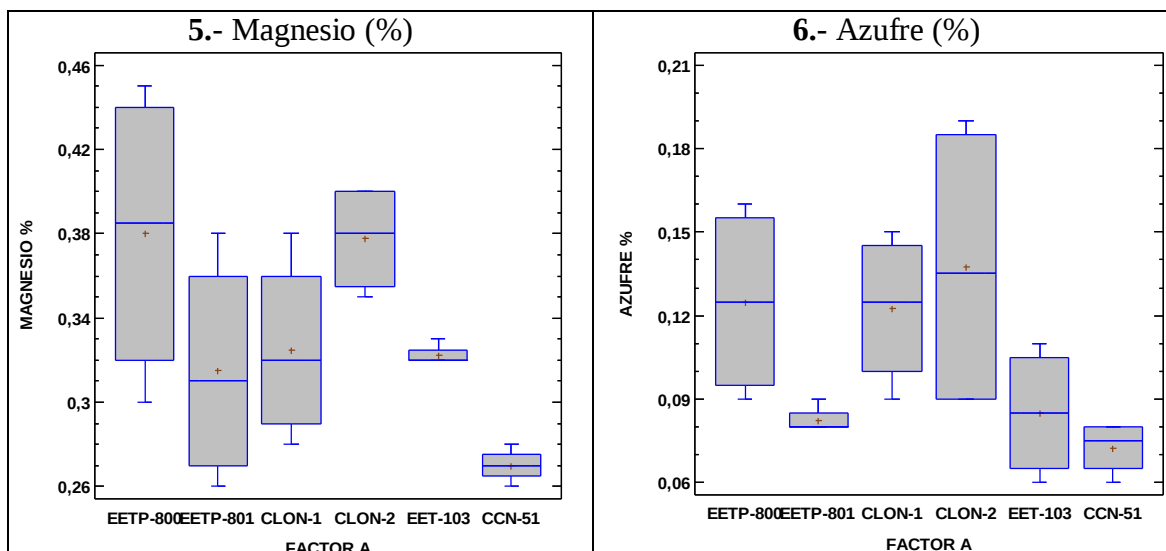
Interpretación: El gráfico 6, mostró los resultados de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) en la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento) en las siguientes variables en el cotiledón: En ceniza el mayor valor (4,52 %) se registró en la interacción (CLON-2 + Sin fermentación) y el menor valor (3,15 %) en la interacción (CLON-1 + Fermentación en cajas). En extracto etéreo se obtuvo el mayor porcentaje (56,39 %) en la interacción (EET-103 + Sin fermentación) y el menor porcentaje (46,48 %) en la interacción (EET-103 + Fermentación en cajas). En proteína el mayor porcentaje (17,40 %) se observó en la interacción (CLON-1 + Sin fermentación) y el menor porcentaje (12,52 %) en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas). En fibra cruda el resultado más alto (9,37 %) se halló en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y el más bajo (3,38 %) en la interacción (CCN-51 + Sin fermentación). En extracto libre de nitrógeno se observó que el porcentaje más alto (29,72 %) está en la interacción (EETP-801 + Fermentación en cajas) y el más bajo (19,58 %) en la interacción (CLON-1 + Sin fermentación).

4.2.3. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis químicos de minerales totales en el cotiledón de la almendra de cacao

4.2.3.1. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)

Gráfico 7. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los macroelementos del cotiledón: 1.- Nitrógeno (%); 2.- Fósforo (%); 3.- Potasio (%); 4.- Calcio (%); 5.- Magnesio (%); 6.- Azufre (%).

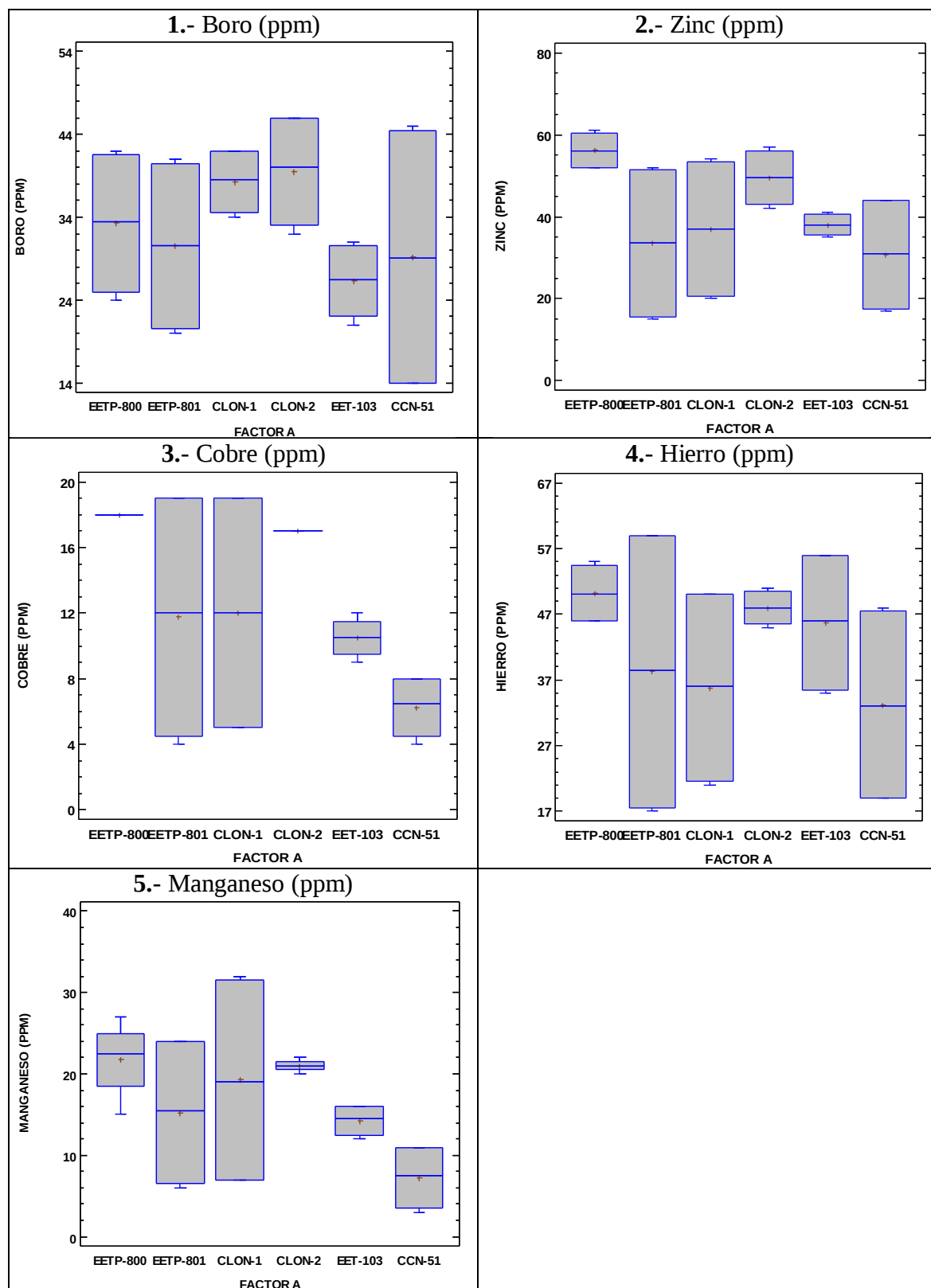




Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El gráfico 7 presentó diferencia significativa en los niveles del factor A para las siguientes variables en el cotiledón: En nitrógeno el mayor valor lo obtuvo el CCN-51 (2,16 %) y el menor el CLON-2 (1,71 %). En fósforo tenemos el valor más alto en el CLON-2 (0,48 %) y el valor más bajo en el CCN-51 (0,28 %). En potasio se encontró que en porcentaje superior está el CLON-2 (1,08 %) y en porcentaje inferior el CCN-51 (0,6 %). En calcio el mayor porcentaje lo obtuvo el EETP-801 (0,53 %) y el menor porcentaje el EETP-800 (0,33 %). En magnesio el porcentaje más alto lo obtuvo el EETP-800 (0,38 %) y el porcentaje más bajo el CCN-51 (0,27 %). En azufre el más alto porcentaje se mostró en CLON-2 (0,14 %) y más bajo porcentaje en el CCN-51 (0,07 %).

Gráfico 8. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los microelementos del cotiledón: 1.- Boro (ppm); 2.- Zinc (ppm); 3.- Cobre (ppm); 4.- Hierro (ppm); 5.- Manganeso (ppm).

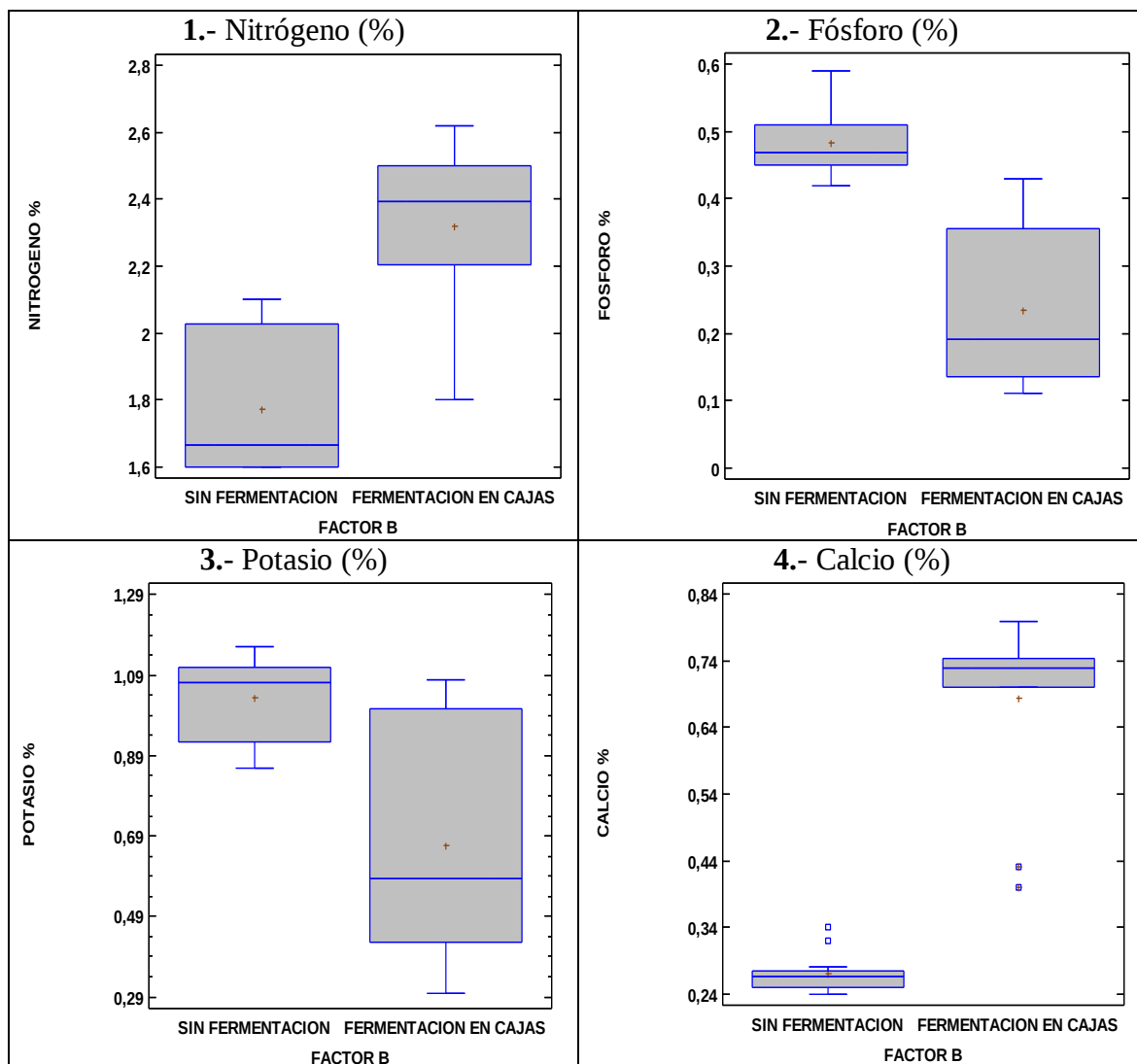


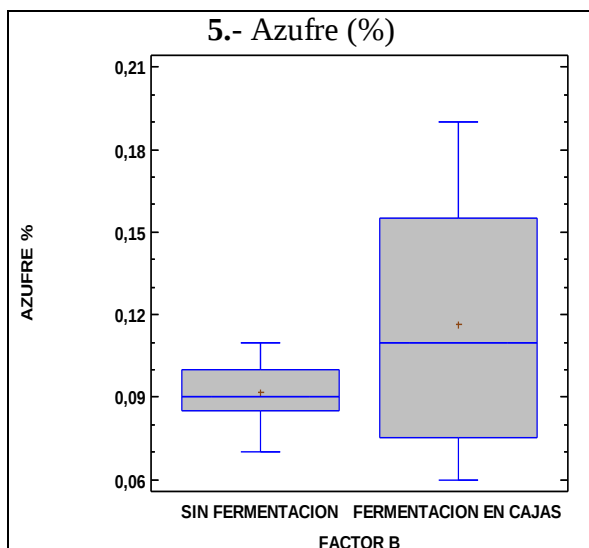
Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En el gráfico 8 los valores de Tukey ($p < 0,05$), indican diferencia significativa en los niveles del factor A para las siguientes variables en el cotiledón: En boro el mayor valor lo obtuvo el CLON-2 (39,5 ppm) y el menor el EET-103 (26,25 ppm). En zinc tenemos el valor más alto en el EETP-800 (56,25 ppm) y el valor más bajo en el CCN-51 (30,75 ppm). En cobre se encontró que en concentración superior está el EETP-800 (18 ppm) y en concentración inferior el CCN-51 (6,25 ppm). En hierro la mayor concentración lo obtuvo el EETP-800 (50,25 ppm) y la menor concentración el CCN-51 (33,25 ppm). En manganeso la concentración más alta lo obtuvo el EETP-800 (21,75 ppm) y la concentración más baja el CCN-51 (7,25 ppm).

4.2.3.2. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento)

Gráfico 9. Diferencias de medias entre los niveles (b₀: Sin fermentación; b₁: Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey (p<0,05) en los macroelementos del cotiledón: 1.- Nitrógeno (%); 2.- Fósforo (%); 3.- Potasio (%); 4.- Calcio (%); 5.- Azufre (%).

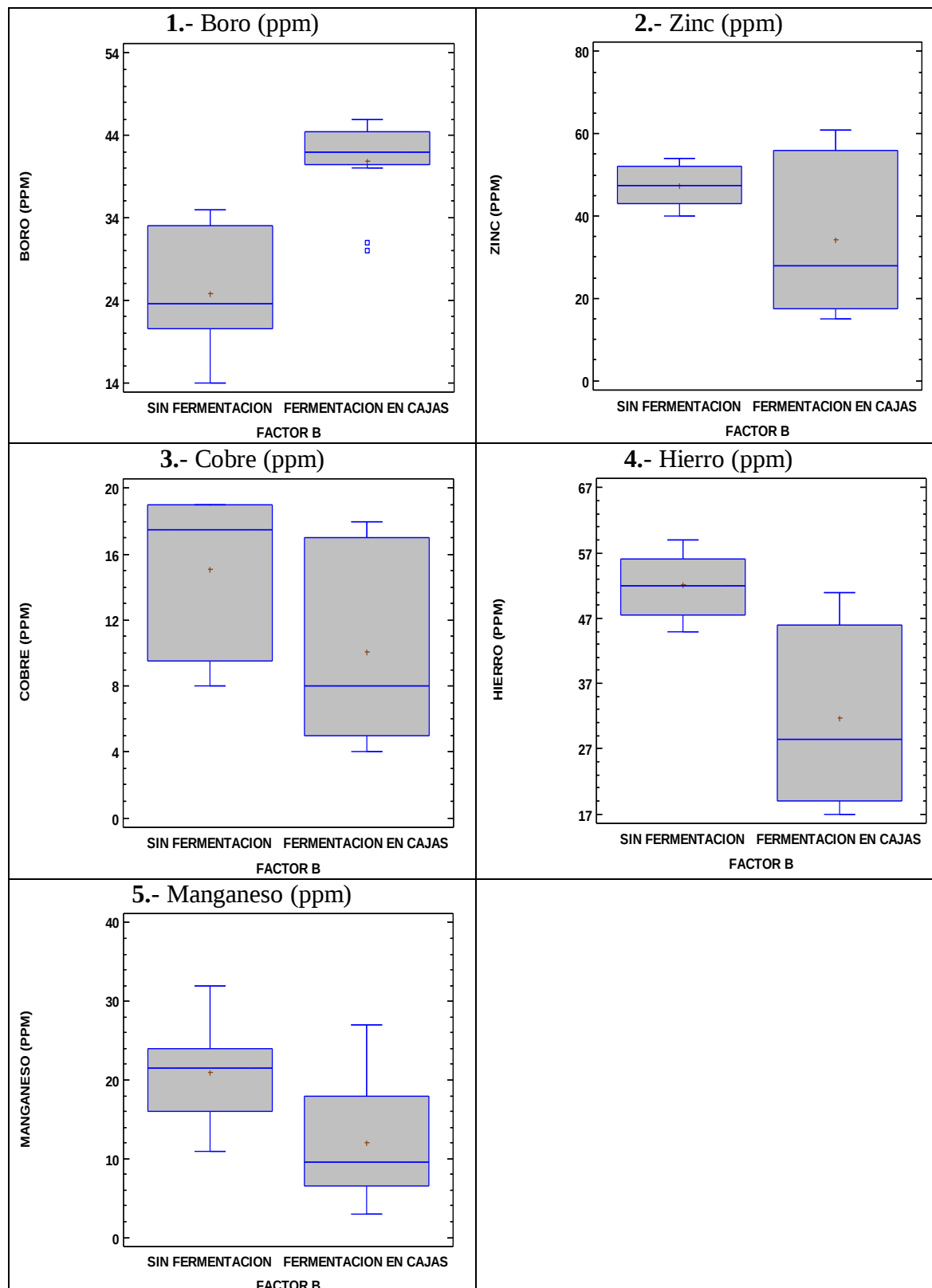




Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El gráfico 9 mostró diferencia significativa en los niveles del factor B para las siguientes variables en el cotiledón: En nitrógeno el porcentaje más elevado lo obtuvo la condición fermentación en cajas (2,32 %) y el más bajo en sin fermentación (1,77 %). En fósforo el valor más alto lo consiguió la condición sin fermentación (0,48 %) y el valor más bajo en fermentación en cajas (0,23 %). En potasio, se halló el mayor valor en la condición sin fermentación (1,03 %) y el menor valor en fermentación en cajas (0,67 %). En calcio la mayor cantidad se encontró en la condición fermentación en cajas (0,68 %) y la menor cantidad en sin fermentación (0,27 %). En azufre, el más alto porcentaje se mostró en la condición fermentación cajas (0,12 %) y más bajo porcentaje en sin fermentación (0,09 %).

Gráfico 10. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los microelementos del cotiledón: 1.- Boro (ppm); 2.- Zinc (ppm); 3.- Cobre (ppm); 4.- Hierro (ppm); 5.- Manganeso (ppm).

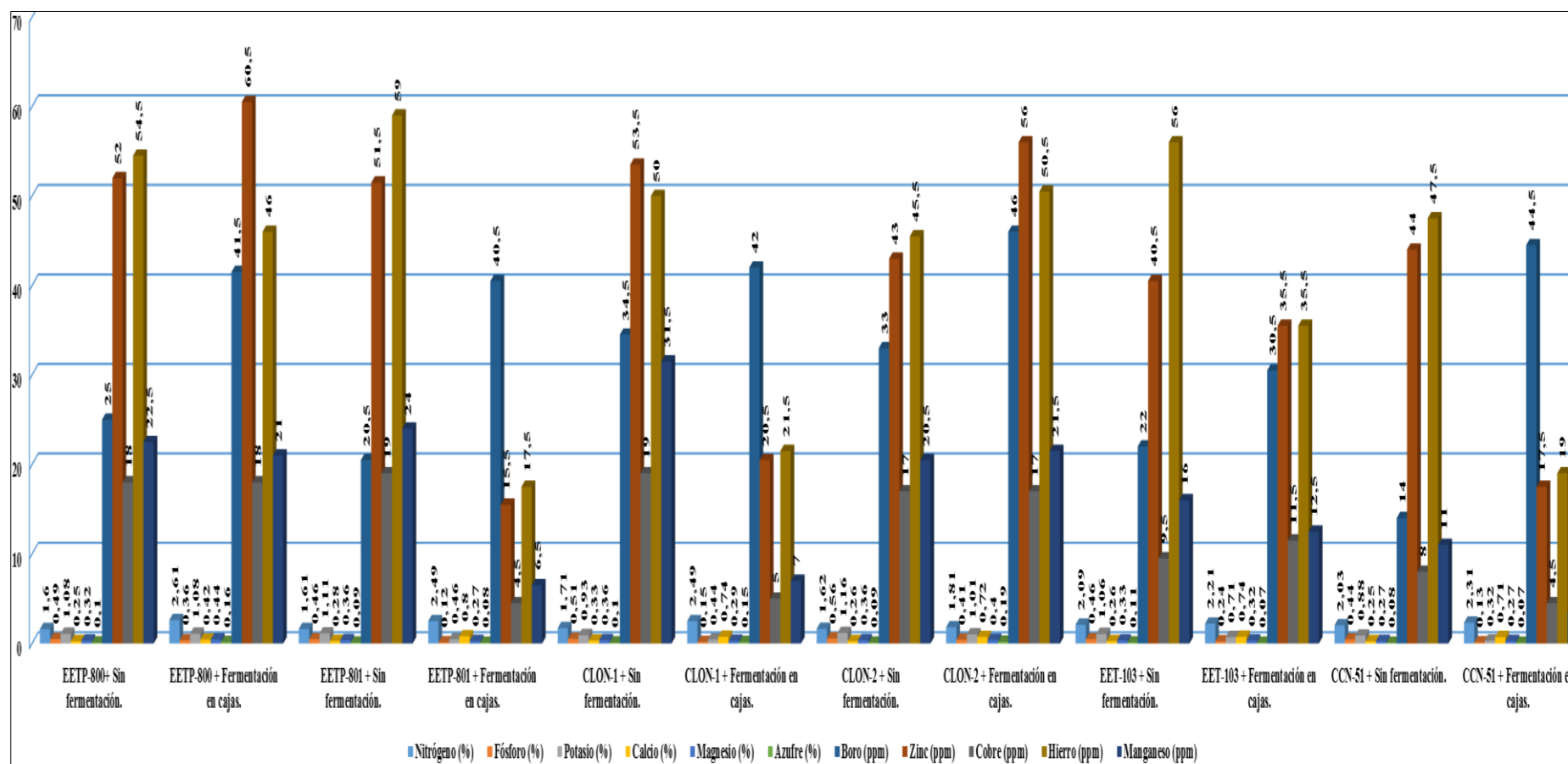


Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El gráfico 10 exhibió diferencia significativa en los niveles del factor B para las siguientes variables en el cotiledón: En boro la concentración más elevada lo obtuvo la condición fermentación en cajas (40,83 ppm) y la más baja en sin fermentación (24,83 ppm). En zinc el valor más alto lo consiguió la condición sin fermentación (47,42 ppm) y el valor más bajo en fermentación en cajas (34,25 ppm). En cobre se halló el mayor valor en la condición sin fermentación (15,08 ppm) y el menor valor en fermentación en cajas (10,08 ppm). En hierro la mayor cantidad se encontró en la condición sin fermentación (52,08 ppm) y la menor cantidad en fermentación en cajas (31,66 ppm). En manganeso la más alta concentración se mostró en la condición sin fermentación (20,92 ppm) y la más baja concentración en fermentación en cajas (12 ppm).

4.2.3.3. Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento)

Gráfico 11. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p<0,05$), en los análisis químicos de minerales totales en el cotiledón.



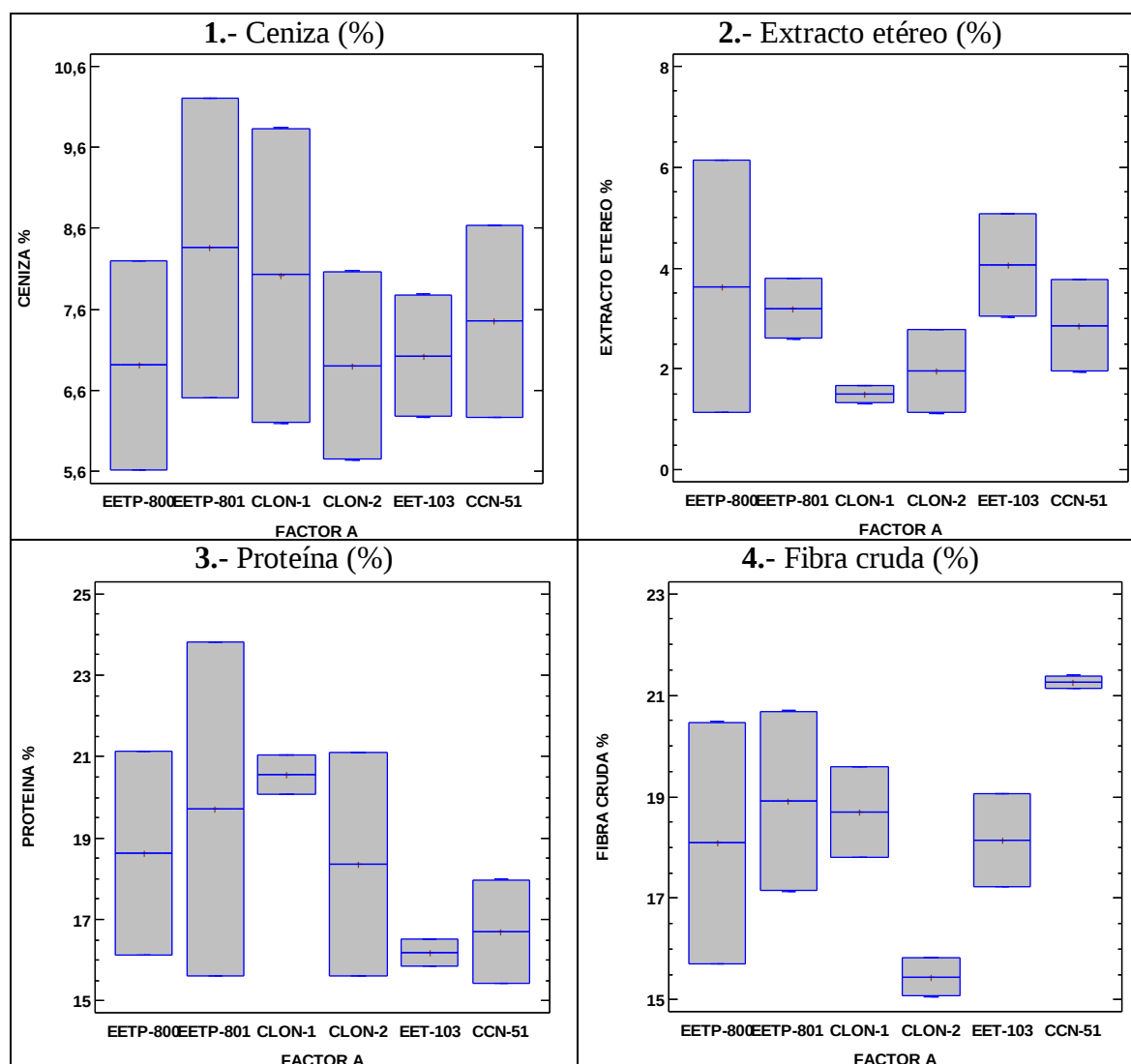
Elaborado por: Rosero, A. 2017.

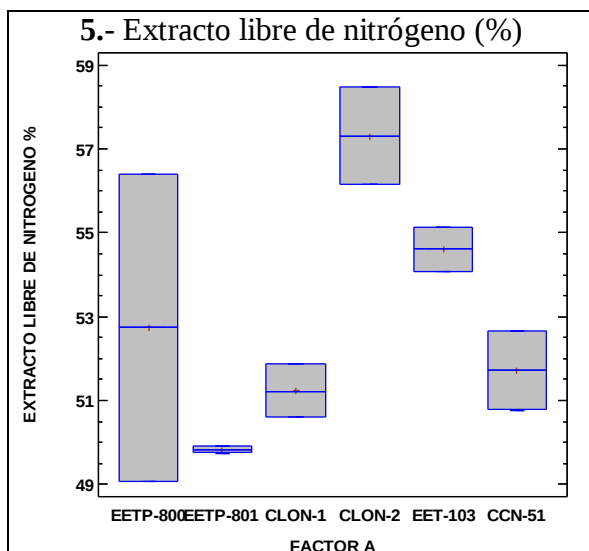
Interpretación: El gráfico 11 mostró los resultados de la prueba de significación de Tukey ($p < 0,05$) en la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento) en las siguientes variables en el cotiledón: En nitrógeno el mayor valor (2,61 %) se registró en la interacción (EETP-800 + Fermentación en cajas) y el menor valor (1,60 %) en la interacción (EETP-800 + Sin Fermentación). En fósforo se obtuvo el mayor porcentaje (0,56 %) en la interacción (CLON-2 + Sin fermentación) y el menor porcentaje (0,12 %) en la interacción (EETP-801 + Fermentación en cajas). En potasio el mayor porcentaje (1,16 %) se observó en la interacción (CLON-2 + Sin fermentación) y el menor porcentaje (0,32 %) en la interacción (CCN-51* + Fermentación en cajas). En calcio el resultado más alto (0,80 %) se halló en la interacción (EETP-801 + Fermentación en cajas) y el más bajo (0,25 %) en las interacciones (EETP-800, CCN-51 + Sin fermentación). En magnesio se observó que el porcentaje más alto (0,44 %) está en la interacción (EETP-800 + Fermentación en cajas) y el más bajo (0,27 %) en las interacciones (EETP-801, CCN-51 + Fermentación en cajas) y (CCN-51 + Sin fermentación). En azufre se encontró el mayor porcentaje (0,19 %) en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y el menor porcentaje (0,07 %) en las interacciones (EET-103, CCN-51 + Fermentación en cajas). En boro se puede observar que la mayor concentración (46 ppm) se encuentra en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y la menor concentración (14 ppm) en la interacción (CCN-51 + Sin fermentación). En zinc se puede apreciar que el valor más alto (60,50 ppm) lo tiene la interacción (EETP-800 + Fermentación en cajas) y el valor más bajo (15,50 ppm) la interacción (EETP-801 + Fermentación en cajas). En cobre la mayor concentración (19 ppm) en la interacción (EETP-801 + Sin fermentación) y la menor concentración (4,50 ppm) en las interacciones (CCN-51, EETP-801 + Fermentación en cajas). En hierro el valor más alto (59 ppm) se consiguió en la interacción (EETP-801 + Sin fermentación) y el valor más bajo (17,50 ppm) en la interacción (EETP-801 + Fermentación en cajas). En manganeso la mayor cantidad (31,50 ppm) se logró en la interacción (CLON-1 + Sin fermentación) y la menor cantidad (3,50 ppm) en la interacción (CCN-51 + Fermentación en cajas).

4.2.4. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis químicos proximales en la cascarilla de la almendra de cacao

4.2.4.1. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)

Gráfico 12. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los análisis químicos proximales de la cascarilla en: 1.- Ceniza (%); 2.- Extracto etéreo (%); 3.- Proteína (%); 4.- Fibra cruda (%); 5.- Extracto libre de nitrógeno (%).



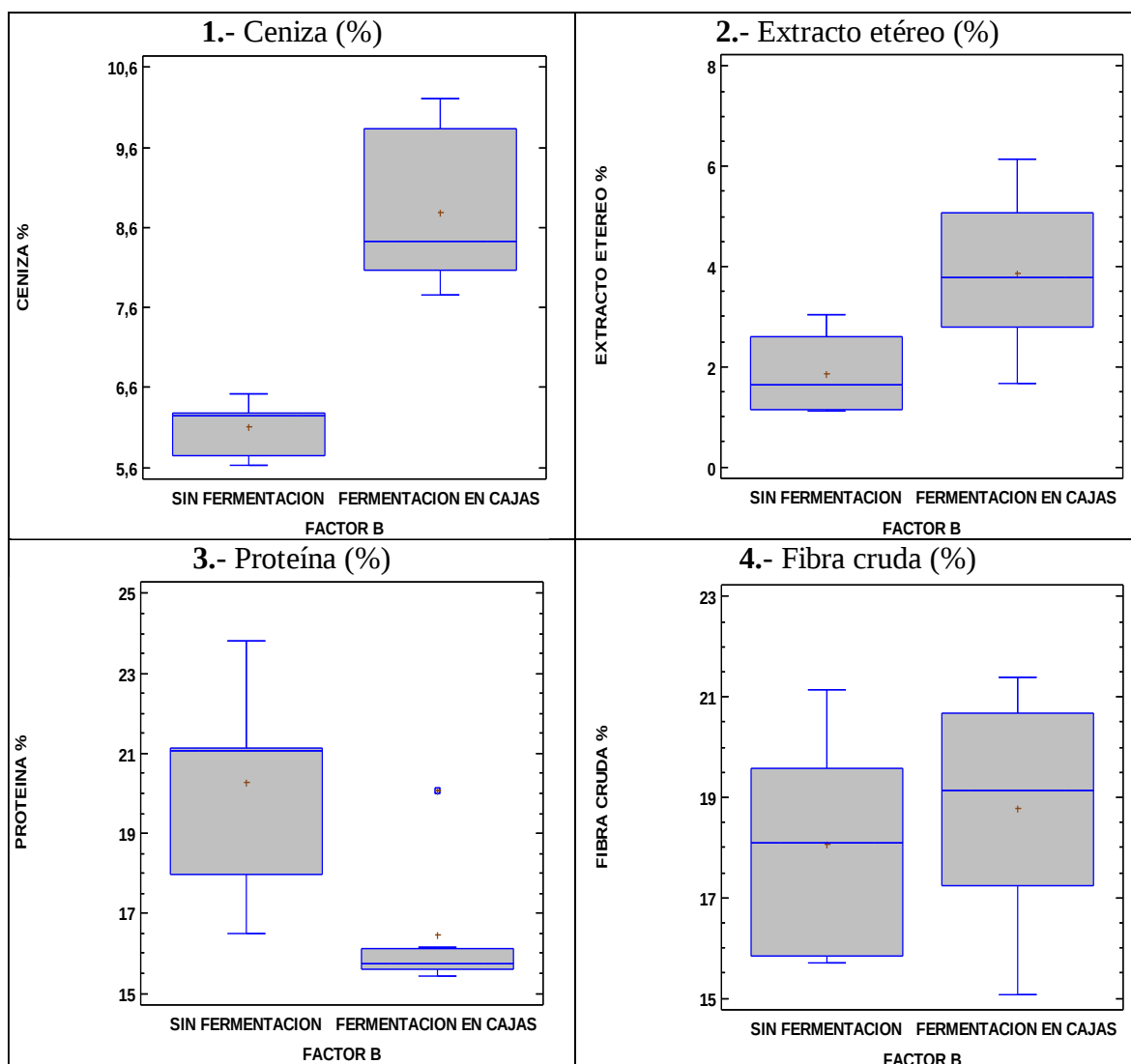


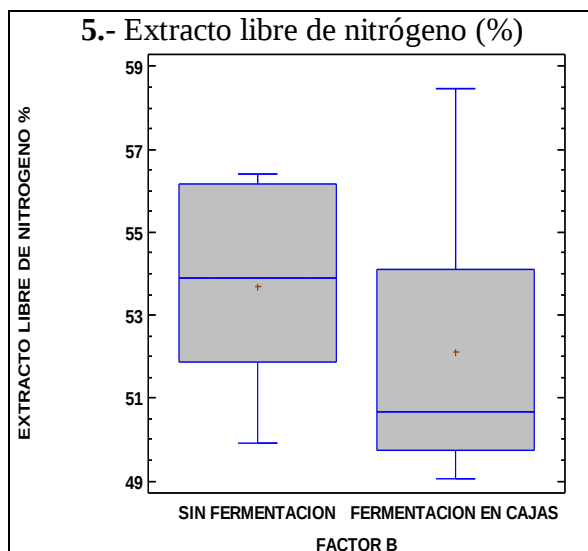
Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En el gráfico 12 los valores de Tukey ($p < 0,05$), indicaron diferencia significativa en los niveles del factor A para las siguientes variables en la cascarilla: En ceniza el mayor valor lo obtuvo el EETP-801 (8,36 %) y el menor el CLON-2 (6,90 %). En extracto etéreo tenemos el valor más alto en el testigo EET-103 (4,05 %), seguido del EETP-800 (3,63 %) y el valor más bajo en CLON-1 (1,50 %). En proteína se encontró el mayor porcentaje en el CLON-1 (20,56 %) y el menor porcentaje en el EET-103 (16,18 %). En fibra cruda el porcentaje superior lo obtuvo el CCN-51 (21,25 %), seguido del EETP-801 (18,91 %) y el porcentaje inferior el CLON-2 (15,45 %). En extracto libre de nitrógeno el porcentaje más alto lo obtuvo el CLON-2 (57,31 %) y el porcentaje más bajo el EETP-801 (49,83 %).

4.2.4.2. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento)

Gráfico 13. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los análisis químicos proximales de la cascarilla en: 1.- Ceniza (%); 2.- Extracto etéreo (%); 3.- Proteína (%); 4.- Fibra cruda (%); 5.- Extracto libre de nitrógeno (%).



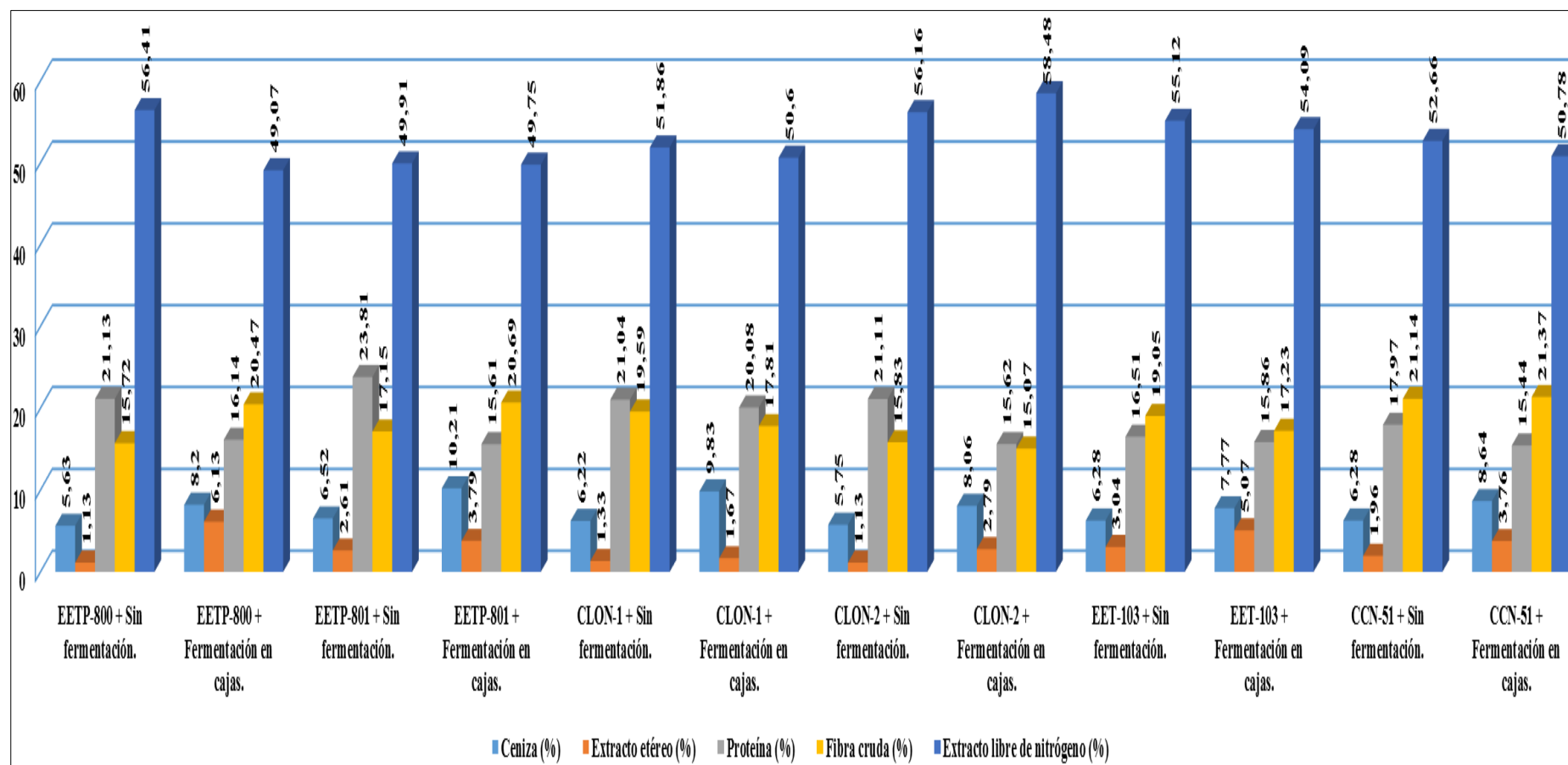


Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En el gráfico 13 se registraron los valores de Tukey ($p < 0,05$), el cual muestra diferencia significativa en los niveles del factor B para las siguientes variables en la cascarilla: En ceniza el porcentaje más elevado lo obtuvo la condición fermentación en cajas (8,78 %) y el más bajo en sin fermentación (6,11 %). En extracto etéreo el valor más alto lo consiguió la condición fermentación en cajas (3,87 %) y el valor más bajo en sin fermentación (1,86 %). En proteína se halló el mayor valor en la condición sin fermentación (20,26 %) y el menor valor en fermentación en cajas (16,46 %). En fibra cruda la mayor cantidad se encontró en la condición fermentación en cajas (18,77 %) y la menor cantidad en sin fermentación (18,08 %). En extracto libre de nitrógeno el más alto porcentaje se mostró en la condición sin fermentación (53,68 %) y más bajo porcentaje en la fermentación en cajas (52,13 %).

4.2.4.3. Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento)

Gráfico 14. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$), en los análisis químicos proximales de la cascarilla.



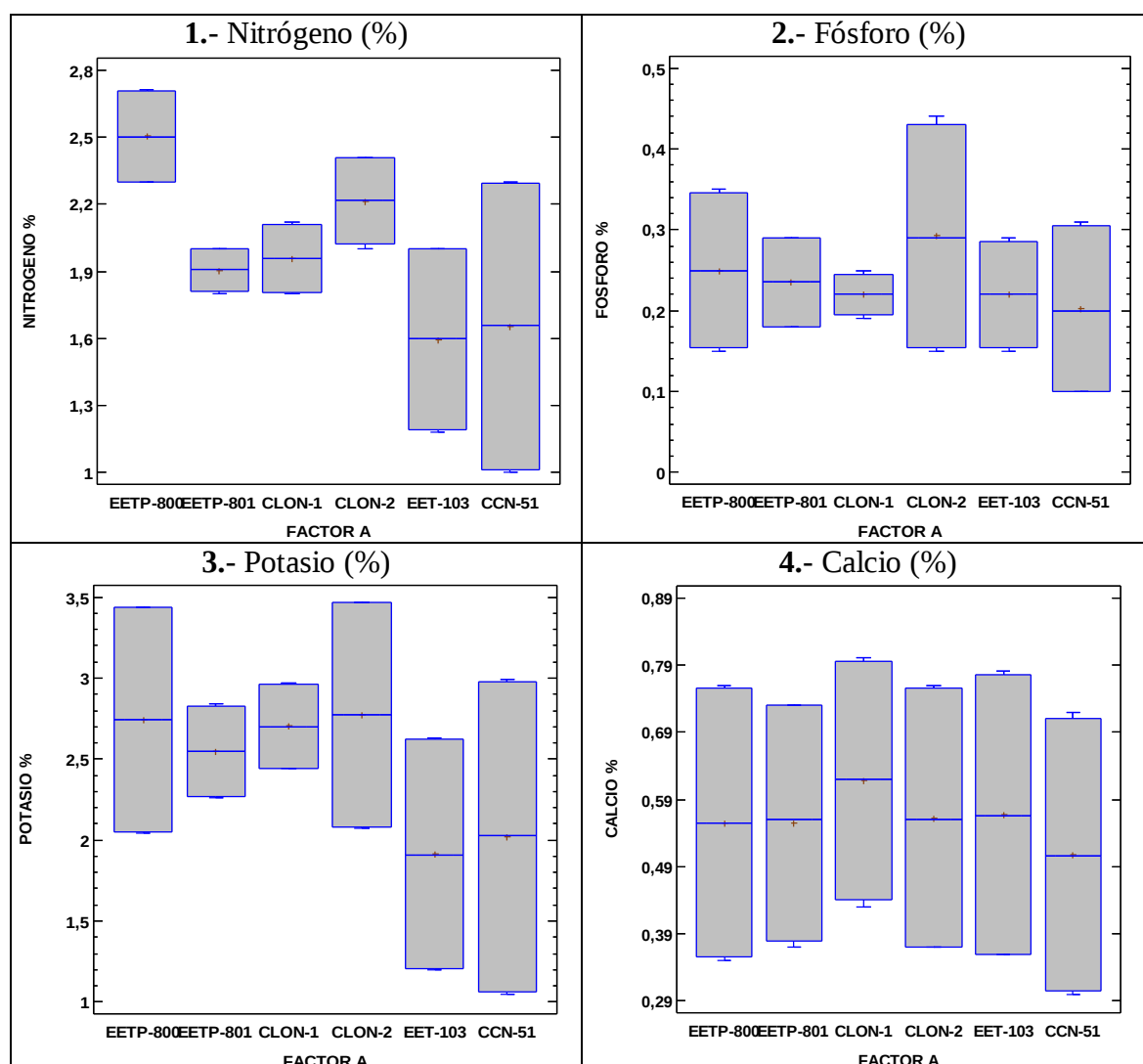
Elaborado Por: Rosero, A. 2017.

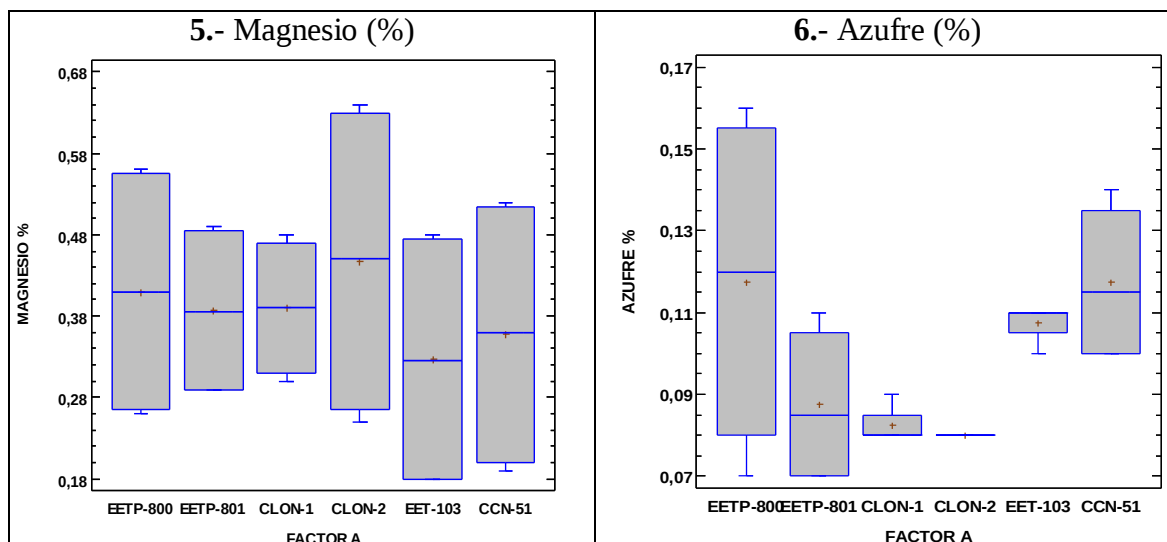
Interpretación: El gráfico 14, mostró los resultados de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) en la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento) en las siguientes variables en la cascarilla: En ceniza el mayor valor (10,51 %) se registró en la interacción (EETP-801 + Fermentación en cajas) y el menor valor (5,63 %) en la interacción (EETP-800 + Sin fermentación). En extracto etéreo se obtuvo el mayor porcentaje (6,13 %) en la interacción (EETP-800 + Fermentación en cajas) y el menor porcentaje (1,13 %) en las interacciones (EETP-800, CLON-2 + Sin fermentación). En la proteína el mayor porcentaje (23,81 %) se observó en la interacción (EETP-801 + Sin fermentación) y el menor porcentaje (15,44 %) en la interacción (CCN-51* + Fermentación en cajas). En fibra cruda el resultado más alto (21,37 %) se halló en la interacción (CCN-51 + Fermentación en cajas) y el más bajo (15,07 %) en la interacción (CLON-2+ Fermentación en cajas). En el extracto libre de nitrógeno se observó que el porcentaje más alto (58,48 %) está en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y el más bajo (49,07 %) en la interacción (EETP-800 + Fermentación en cajas).

4.2.5. Resultados de la prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) respecto a los análisis químicos de minerales totales en la cascarilla de la almendra de cacao

4.2.5.1. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor A (Clones de cacao)

Gráfico 15. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los macroelementos de la cascarilla: 1.- Nitrógeno (%); 2.- Fósforo (%); 3.- Potasio (%); 4.- Calcio (%); 5.- Magnesio (%); 6.- Azufre (%).

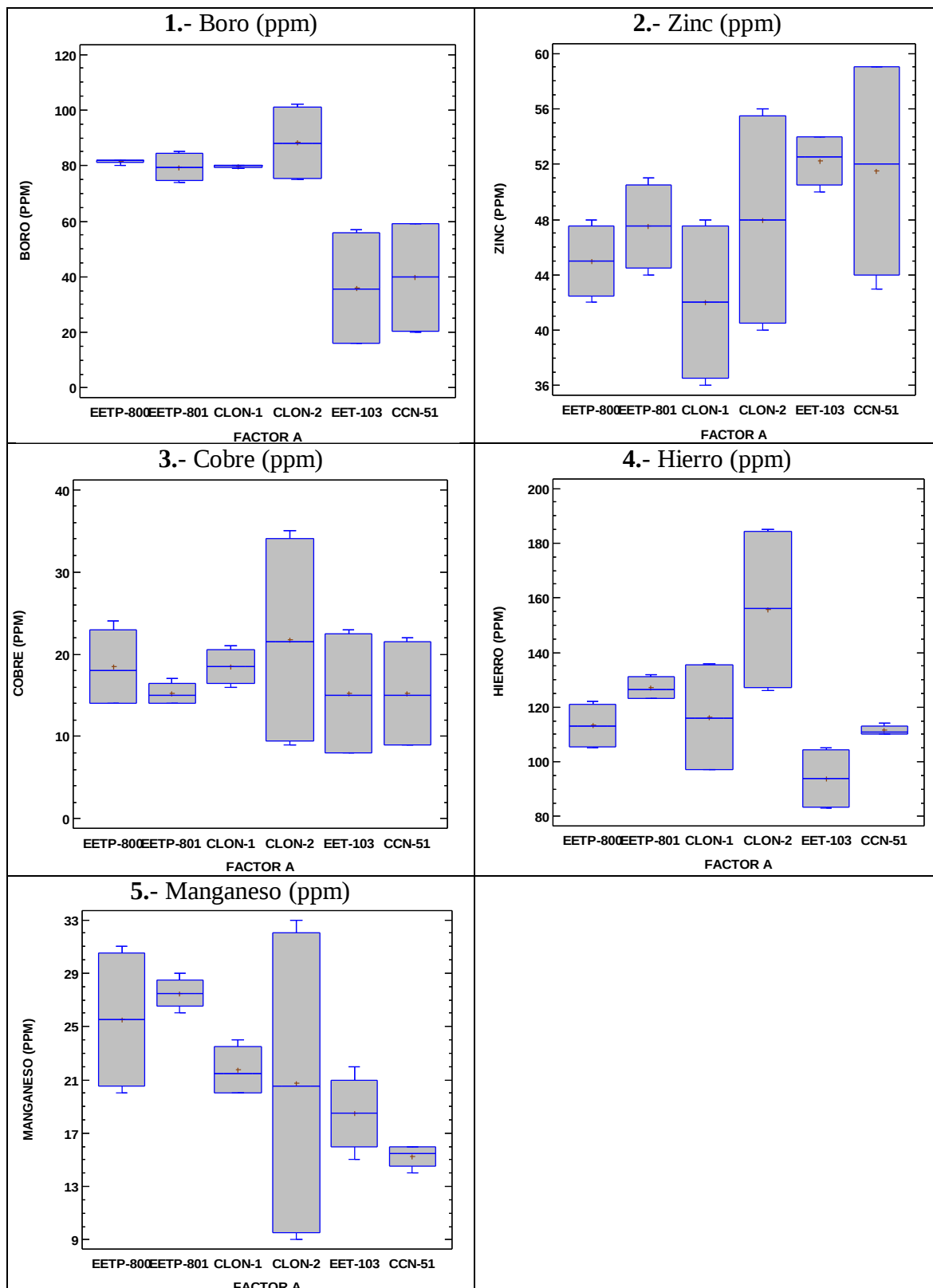




Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En el gráfico 15 los valores de Tukey ($p < 0,05$), indicaron diferencia significativa en los niveles del factor A para las siguientes variables en la cascarilla: En nitrógeno el mayor valor lo obtuvo el CLON-2 (0,45 %) y el menor el EET-103 (0,33 %). En fósforo tenemos el valor más alto en el CLON-2 (0,29 %) y el valor más bajo en el CCN-51 (0,20 %). En potasio se encontró que en porcentaje superior está el CLON-2 (2,77 %) y en porcentaje inferior en el EET-103 (1,91 %). En calcio el mayor porcentaje lo obtuvo el CLON-1 (0,62 %) y el menor porcentaje el CCN-51 (0,51 %). En magnesio el porcentaje más alto lo obtuvo el CLON-2 (0,45 %) y el porcentaje más bajo el EET-103 (0,33 %). En azufre el más alto porcentaje se mostró en el CCN-51 y en el EETP-800 (0,12 %) y el más bajo porcentaje en el CLON-2 (0,08 %).

Gráfico 16. Diferencias de medias entre los niveles (a_0 : EETP-800; a_1 : EETP-801; a_2 : CLON-1; a_3 : CLON-2; a_4 : EET-103; a_5 : CCN-51) del factor A (clones de cacao) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los microelementos de la cascarrilla: 1.- Boro (ppm); 2.- Zinc (ppm); 3.- Cobre (ppm); 4.- Hierro (ppm); 5.- Manganeso (ppm).

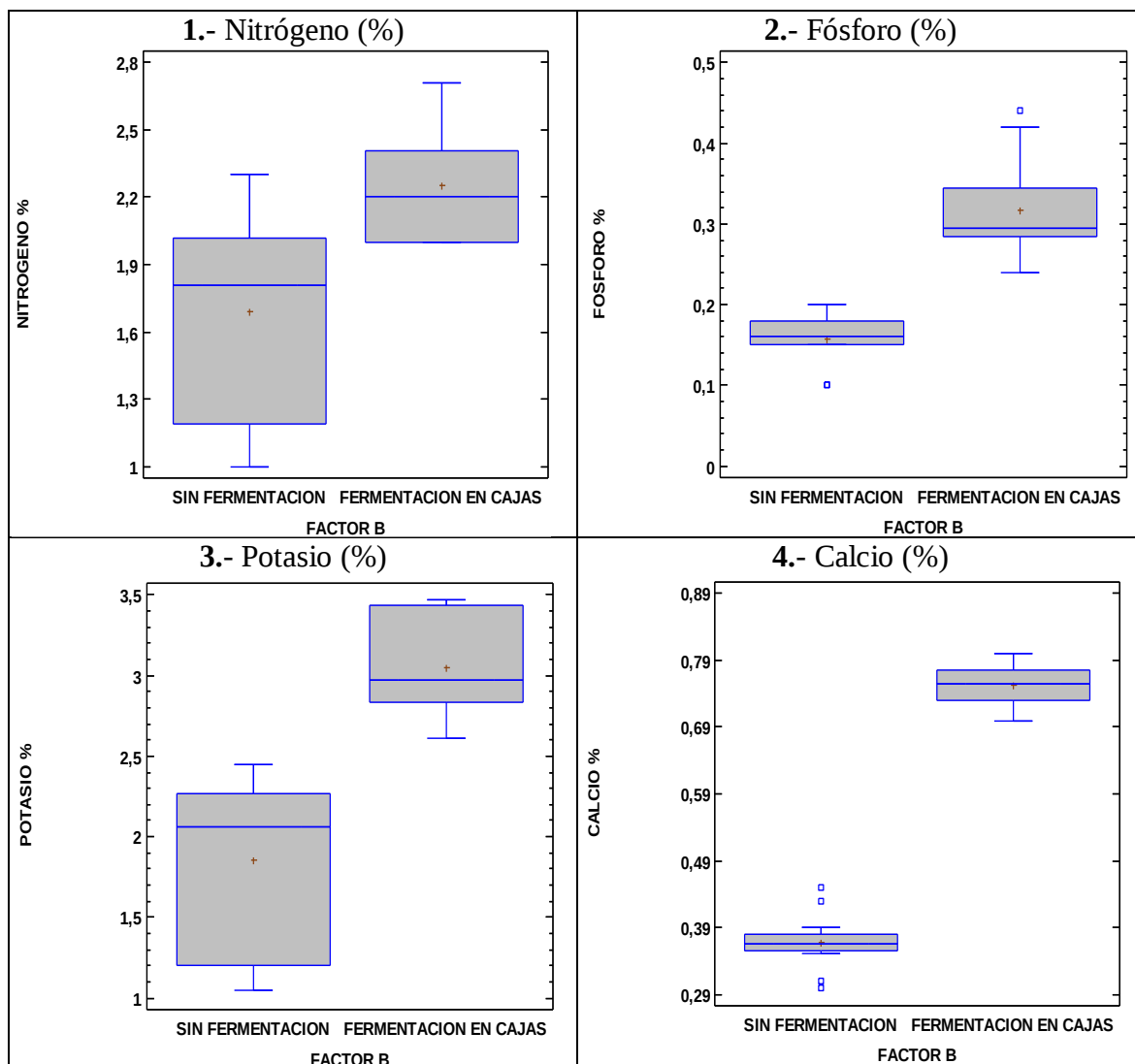


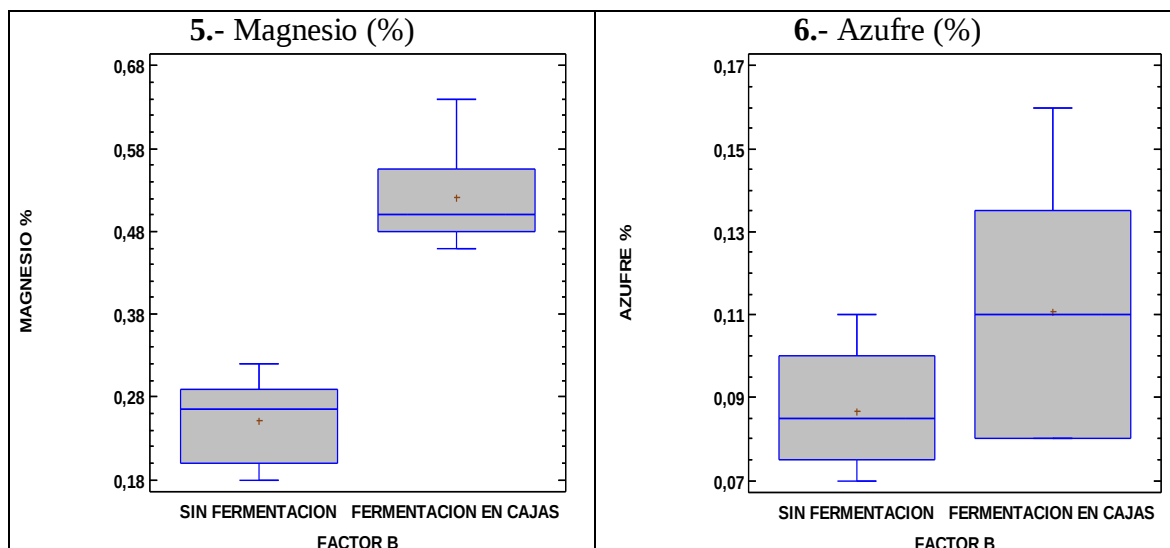
Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En el gráfico 16 se determinó que existió diferencia significativa en los niveles del factor A para las siguientes variables en la cascarilla: En boro el mayor valor lo obtuvo el CLON-2 (88,25 ppm) y el menor el EET-103 (36 ppm). En zinc tenemos el valor más alto en el EET-103 (52,25 ppm) y el valor más bajo en CLON-1 (42 ppm). En cobre se encontró que en concentración superior está el CLON-2 (21,75 ppm) y en concentración inferior el EETP-801 (15,25 ppm). En hierro la mayor concentración lo obtuvo el CLON-2 (155,75 ppm) y la menor concentración el EET-103 (94 ppm). En manganeso la concentración más alta lo obtuvo el EETP-801 (27,50 ppm) y la concentración más baja el CCN-51 (15,25 ppm).

4.2.5.2. Resultados con relación a diferencias significativas encontradas en el factor B (Acondicionamiento)

Gráfico 17. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los macroelementos de la cascarilla: 1.- Nitrógeno (%); 2.- Fósforo (%); 3.- Potasio (%); 4.- Calcio (%); 5.- Magnesio (%); 6.- Azufre (%).

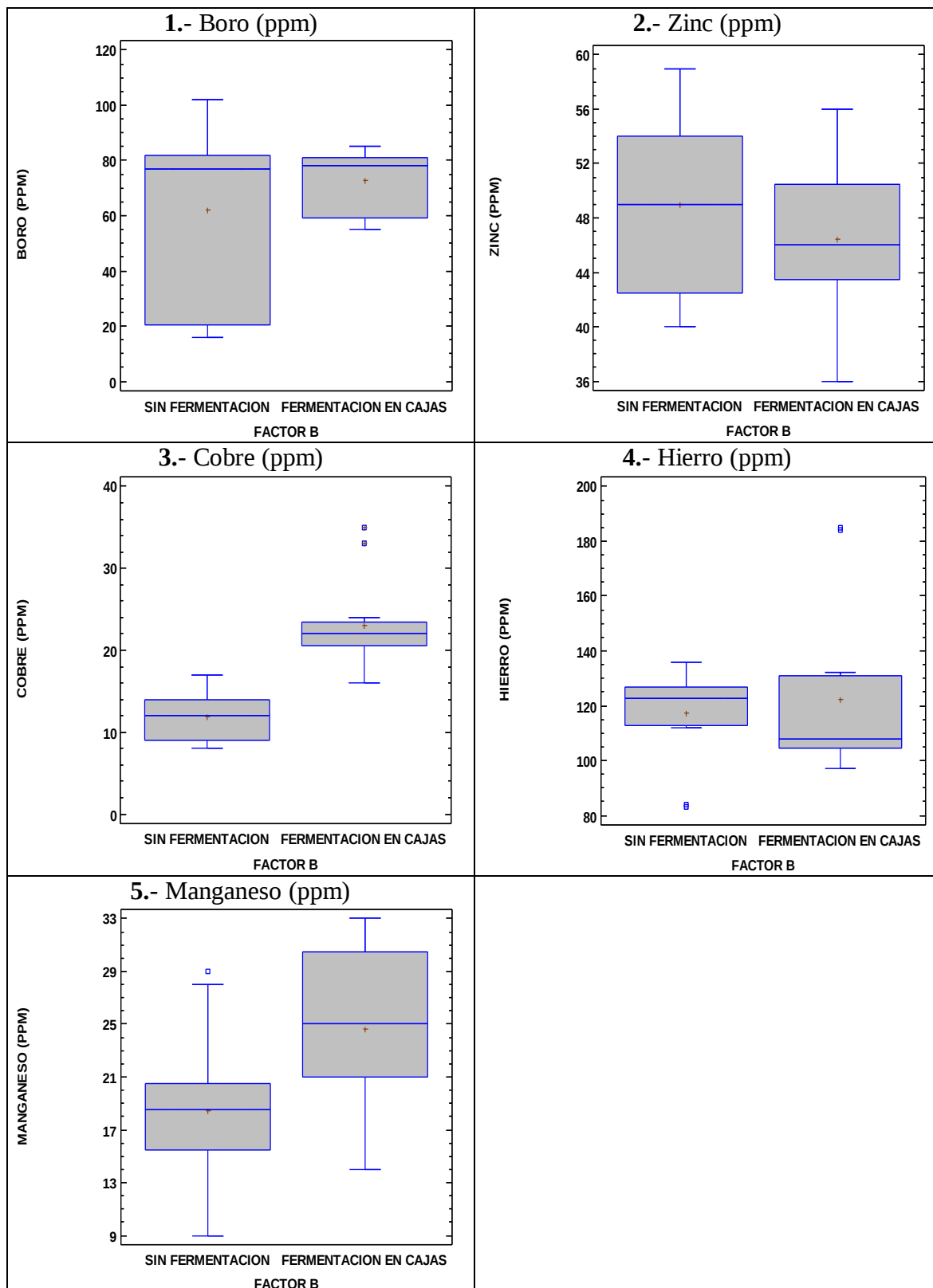




Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El gráfico 17 evidenció diferencia significativa en los niveles del factor B para las siguientes variables en la cascarilla: En nitrógeno el porcentaje más elevado lo obtuvo la condición fermentación en cajas (2,25 %) y el más bajo en sin fermentación (1,69 %). En fósforo el valor más alto lo consiguió la condición fermentación en cajas (0,32 %) y el valor más bajo en sin fermentación (0,16 %). En potasio se halló el mayor valor en la condición fermentación en cajas (3,05 %) y el menor valor en sin fermentación (1,85 %). En calcio la mayor cantidad se encontró en la condición fermentación en cajas (0,75 %) y la menor cantidad en sin fermentación (0,37 %). En magnesio el mayor valor se registró en la condición fermentación en cajas (0,52 %) y el menor en sin fermentación (0,25 %). En azufre el más alto porcentaje se mostró en la condición fermentación cajas (0,11 %) y más bajo porcentaje en sin fermentación (0,09 %).

Gráfico 18. Diferencias de medias entre los niveles (b_0 : Sin fermentación; b_1 : Fermentación en cajas) del factor B (Acondicionamiento) mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) en los microelementos de la cascarilla: 1.- Boro (ppm); 2.- Zinc (ppm); 3.- Cobre (ppm); 4.- Hierro (ppm); 5.- Manganeso (ppm).

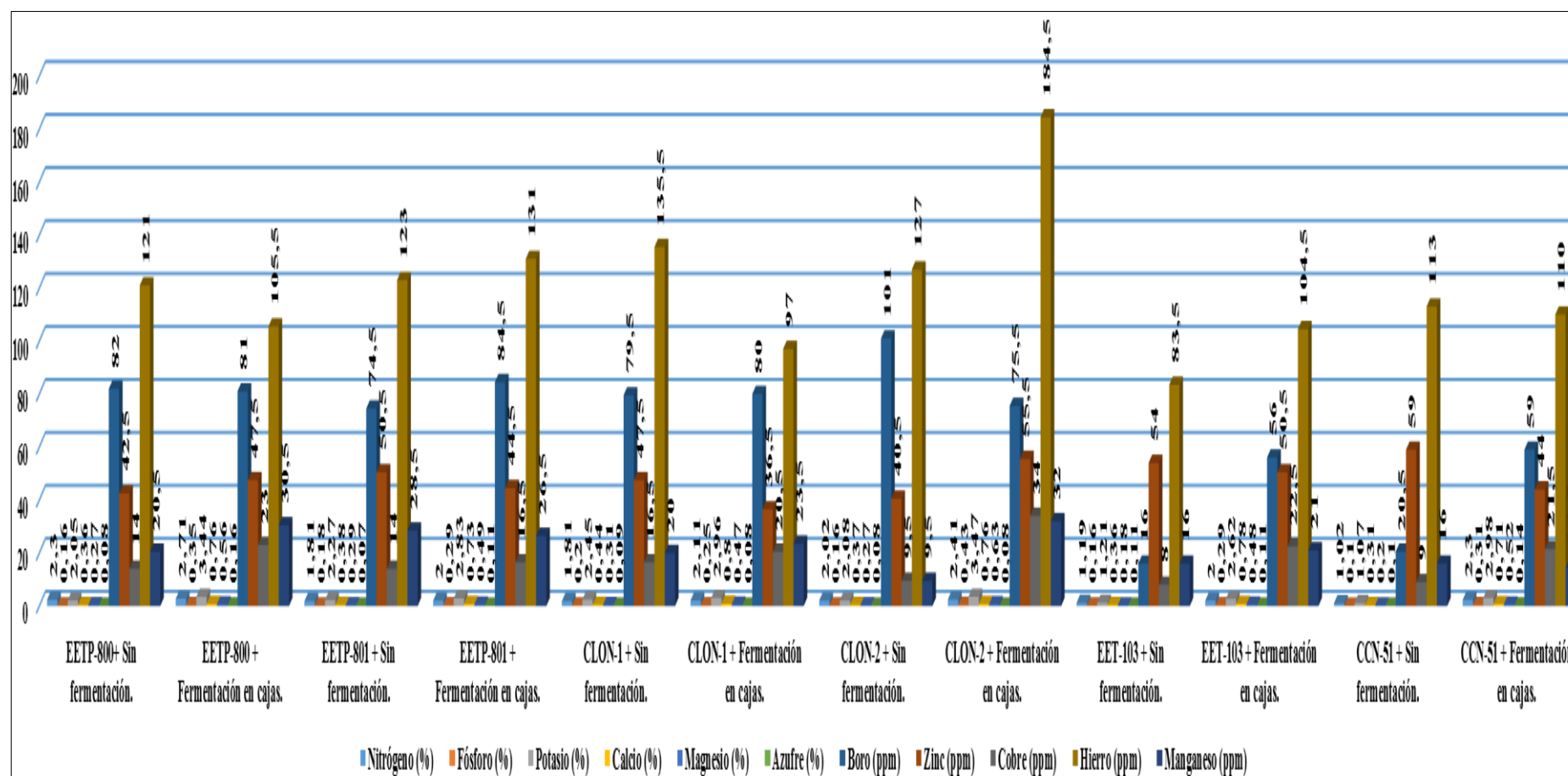


Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El gráfico 18 reveló diferencia significativa en los niveles del factor B para las siguientes variables en la cascarilla: En boro la concentración más elevada lo obtuvo la condición fermentación en cajas (72,66 ppm) y la más baja en sin fermentación (62,25 ppm). En zinc el valor más alto lo consiguió la condición sin fermentación (49 ppm) y el valor más bajo fermentación en cajas (46,42 ppm). En cobre se halló el mayor valor en la condición fermentación en cajas (23 ppm) y el menor valor en sin fermentación (11,83 ppm). En hierro la mayor cantidad se encontró en la condición fermentación en cajas (122,08 ppm) y la menor cantidad en sin fermentación (117,16 ppm). En manganeso la más alta concentración se mostró en la condición fermentación en cajas (24,67 ppm) y la más baja concentración en sin fermentación (18,42 ppm).

4.2.5.3. Resultados con relación a la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento)

Gráfico 19. Diferencias de medias entre los niveles de la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento), mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$), en los análisis químicos de minerales totales en la cascarilla.



Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: El gráfico 19, mostró los resultados de la prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) en la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento) en las siguientes variables en la cascarilla: En nitrógeno el mayor valor (2,71 %) se registró en la interacción (EETP-800 + Fermentación en cajas) y el menor valor (1,02 %) en la interacción (CCN-51 + Sin Fermentación). En fósforo se obtuvo el mayor porcentaje (0,43 %) en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y el menor porcentaje (0,10 %) en la interacción (CCN-51 + Sin fermentación). En potasio el mayor porcentaje (3,47 %) se observó en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y el menor porcentaje (1,07 %) en la interacción (CCN-51 + Sin fermentación). En calcio el resultado más alto (0,80 %) se halló en la interacción (CLON-1 + Fermentación en cajas) y el más bajo (0,31 %) en la interacción (CCN-51 + Sin fermentación). En magnesio se observó que el porcentaje más alto (0,63 %) está en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y el más bajo (0,18 %) en la interacción (EET-103 + Sin fermentación). En azufre se encontró el mayor porcentaje (0,16 %) en la interacción (EETP-800 + Fermentación en cajas) y el menor porcentaje (0,07 %) en la interacción (EETP-801 + Sin fermentación). En boro se puede observar que la mayor concentración (101 ppm) se encuentra en la interacción (CLON-2 + Sin fermentación) y la menor concentración (16 ppm) en la interacción (EET-103 + Sin fermentación). En zinc se puede apreciar que el valor más alto (59 ppm) lo tiene la interacción (CCN-51 + Sin fermentación) y el valor más bajo (36,50 ppm) la interacción (CLON-1 + Fermentación en cajas). En cobre la mayor concentración (34 ppm) en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y la menor concentración (8 ppm) en la interacción (EET-103 + Sin fermentación). En hierro el valor más alto (184,50 ppm) se consiguió en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y el valor más bajo (83,50 ppm) en la interacción (EET-103 + Sin fermentación). En manganeso la mayor cantidad (32 ppm) se logró en la interacción (CLON-2 + Fermentación en cajas) y la menor cantidad (9,50 ppm) en la interacción (CLON-2 + Sin fermentación).

4.2.6. Resultados del análisis de correlación

Tabla 53. Correlación entre los atributos físicos de la almendra y los atributos químicos del cotiledón.

Variables	Humedad	Testa	Índice de almendra	Peso de 100 almendras	Buena fermentación	Parcial fermentación	Almendras violetas	Almendras pizarrosas
Ceniza	0,53	0,18	0,19	0,11	-0,67	-0,62	-0,37	0,63
Extracto etéreo	0,71	0,32	0,38	0,29	-0,57	-0,80	-0,57	0,81
Proteína	0,63	0,32	0,42	0,27	-0,63	-0,76	-0,54	0,78
Fibra cruda	-0,62	-0,55	-0,60	-0,46	0,73	0,76	0,82	-0,85
Extracto libre de nitrógeno	-0,71	-0,15	-0,24	-0,15	0,52	0,78	0,37	-0,75
Nitrógeno	-0,71	-0,49	-0,20	-0,13	0,58	0,76	0,38	-0,74
Fosforo	0,74	0,33	0,14	0,01	-0,65	-0,87	-0,32	0,82
Potasio	0,58	0,19	-0,05	-0,16	-0,53	-0,70	-0,16	0,64
Calcio	-0,72	-0,39	-0,39	-0,25	0,74	0,91	0,58	-0,92
Magnesio	0,12	-0,34	-0,28	-0,35	0,03	-0,07	0,34	-0,02
Azufre	-0,07	-0,54	-0,46	-0,40	0,36	0,21	0,65	-0,34
Boro	-0,43	-0,55	-0,44	-0,34	0,65	0,77	0,59	-0,80
Zinc	0,44	-0,06	0,00	-0,10	-0,33	-0,51	0,03	0,43
Cobre	0,46	-0,08	-0,07	-0,18	-0,35	-0,48	0,01	0,41
Hierro	0,62	0,24	0,10	0,00	-0,57	-0,77	-0,24	0,71
Manganeso	0,51	-0,14	0,05	-0,04	-0,42	-0,59	-0,04	0,51

La correlación es significativa al nivel 0,01.

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En la tabla 53, se presentan los coeficientes de correlación entre las variables físicas de la almendra de cacao y las variables químicas del cotiledón, los coeficientes de correlación más patentes en sentido inverso ($r < 0$) y en sentido directo ($r > 0$), se dieron en los siguientes pares de variables:

- Ceniza se correlacionó en sentido inverso con buena fermentación (-0,67) y en sentido directo con almendras pizarrosas (0,63).
- Extracto etéreo se correlacionó inversamente con parcial fermentación (-0,80) y directamente con almendras pizarrosas (0,81).
- Proteína se correlacionó en forma inversa con parcial fermentación (-0,76) y en forma directa con almendras pizarrosas (0,78).
- Fibra cruda se correlacionó directamente con almendras violetas (0,82) e inversamente con almendra pizarrosa (-0,85).
- Extracto libre de nitrógeno se correlacionó en sentido directo con parcial fermentación (0,78) y en sentido inverso con almendras pizarrosas (-0,75).
- Nitrógeno se correlacionó directamente con parcial fermentación (0,76) e inversamente con almendras pizarrosas (-0,74).
- Fósforo se correlacionó en forma inversa con parcial fermentación (-0,87) y en forma directa con almendra pizarrosa (0,82).
- Potasio se correlacionó inversamente con parcial fermentación (-0,70) y directamente con almendras pizarrosas (0,64).
- Calcio se correlacionó en sentido directo con parcial fermentación (0,91) y en sentido inverso con almendra pizarrosa (-0,92).
- Azufre se correlacionó en forma inversa con testa (-0,54) y en forma directa con almendra violeta (0,65).
- Boro se correlacionó directamente con parcial fermentación (0,77) e inversamente con almendra pizarrosa (-0,80).
- Hierro se correlacionó en sentido inverso con parcial fermentación (-0,77) y en sentido directo con almendras pizarrosas (0,71).
- Manganeso se correlacionó inversamente con parcial fermentación (-0,59).

Tabla 54. Correlación entre los atributos físicos de la almendra y los atributos químicos de la cascarilla.

Variables	Humedad	Testa	Índice de almendra	Peso de 100 almendras	Buena fermentación	Parcial fermentación	Almendras violetas	Almendras pizarrosas
Ceniza	-0,74	-0,55	-0,32	-0,17	0,67	0,89	0,56	-0,89
Extracto etéreo	-0,58	-0,33	-0,28	-0,28	0,48	0,68	0,31	-0,65
Proteína	0,51	0,12	0,33	0,26	-0,49	-0,69	-0,30	0,66
Fibra cruda	-0,27	-0,10	0,47	0,47	0,06	0,26	-0,24	-0,16
Extracto libre de nitrógeno	0,39	0,41	-0,34	-0,36	-0,16	-0,34	0,01	0,28
Nitrógeno	-0,29	-0,53	-0,48	-0,45	0,52	0,59	0,49	-0,62
Fosforo	-0,52	-0,51	-0,54	-0,43	0,69	0,83	0,69	-0,87
Potasio	-0,49	-0,65	-0,45	-0,36	0,67	0,78	0,67	-0,83
Calcio	-0,75	-0,60	-0,49	-0,38	0,82	0,95	0,71	-0,99
Magnesio	-0,62	-0,55	-0,51	-0,40	0,75	0,90	0,72	-0,94
Azufre	-0,43	-0,20	-0,03	-0,07	0,36	0,55	0,04	-0,48
Boro	-0,04	-0,42	-0,27	-0,25	0,12	0,19	0,33	-0,24
Zinc	0,08	0,32	0,14	0,13	-0,18	-0,22	-0,09	0,21
Cobre	-0,49	-0,50	-0,47	-0,37	0,70	0,73	0,72	-0,80
Hierro	0,10	-0,06	-0,21	-0,13	0,00	0,06	0,33	-0,12
Manganeso	-0,36	-0,67	-0,37	-0,29	0,32	0,41	0,61	-0,49

La correlación es significativa al nivel 0,01.

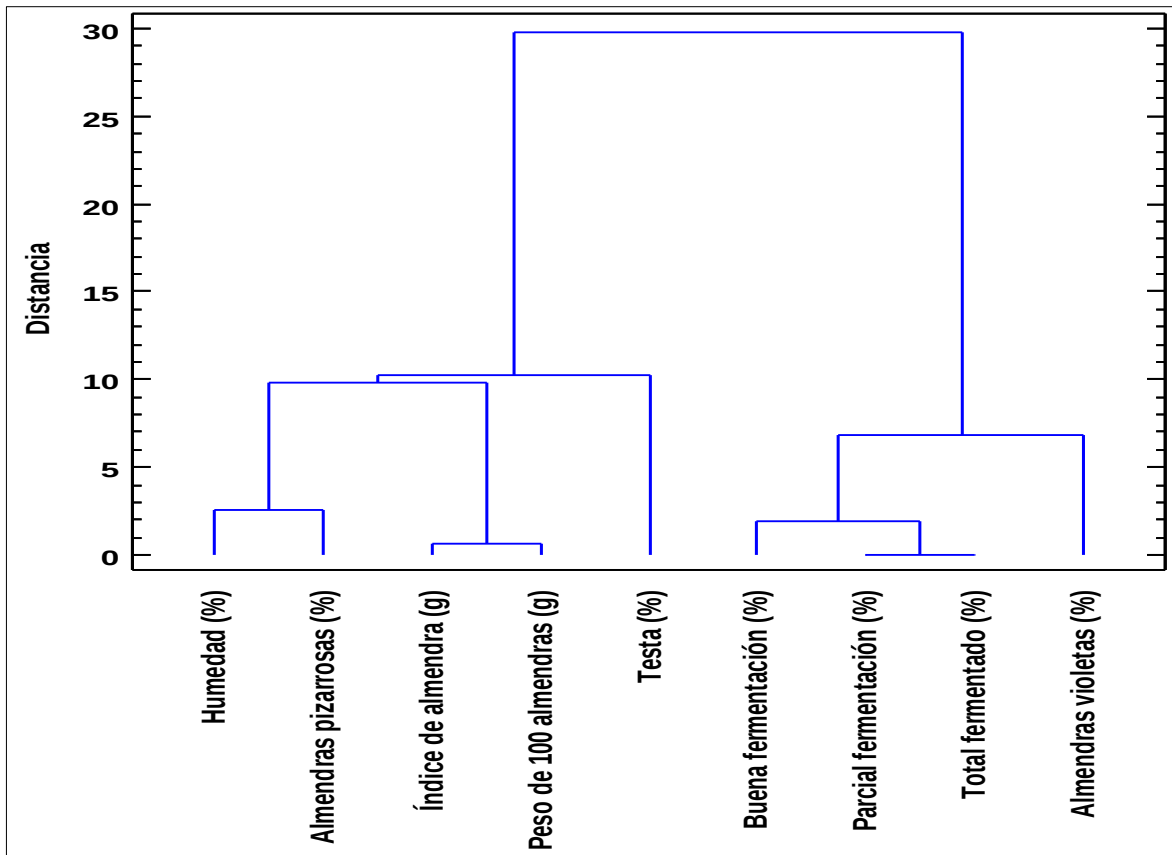
Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En la tabla 54, se observan los coeficientes de correlación entre las variables físicas de la almendra de cacao y las variables químicas de la cascarilla, los coeficientes de correlación más patentes en sentido inverso ($r < 0$) y en sentido directo ($r > 0$), se dieron en los siguientes pares de variables:

- Ceniza se correlacionó en sentido directo con parcial fermentación (0,89) y en sentido inverso con almendra pizarrosa (-0,89).
- Extracto etéreo directamente se correlacionó con parcial fermentación (0,68) e inversamente con almendra pizarrosa (-0,65).
- Proteína en forma inversa se correlacionó con parcial fermentación (-0,69) y en forma directa con almendra pizarrosa (0,66).
- Nitrógeno se correlacionó en sentido directo con parcial fermentación (0,59) y en sentido inverso con almendra pizarrosa (-0,62).
- Fósforo se correlacionó directamente con parcial fermentación (0,83) e inversamente con almendra pizarrosa (-0,87).
- Potasio se correlacionó en forma directa con parcial fermentación (0,78) y en forma inversa con almendras pizarrosas (-0,83).
- Calcio se correlacionó directamente con parcial fermentación (0,95) e inversamente con almendra pizarrosa (-0,99).
- Magnesio se correlacionó en sentido directo con parcial fermentación (0,90) y en sentido inverso con almendras pizarrosas (-0,94).
- Azufre se correlacionó directamente con parcial fermentación (0,55).
- Cobre se correlacionó en forma directa con almendras violetas (0,72) y en forma inversa con almendras pizarrosas (-0,80).
- Manganeso se correlacionó en sentido inverso con testa (-0,67) y en sentido directo con almendras violetas cobre (0,61).

4.2.7. Resultados del análisis de conglomerados

Gráfico 20. Dendograma de los análisis físicos de la almendra.



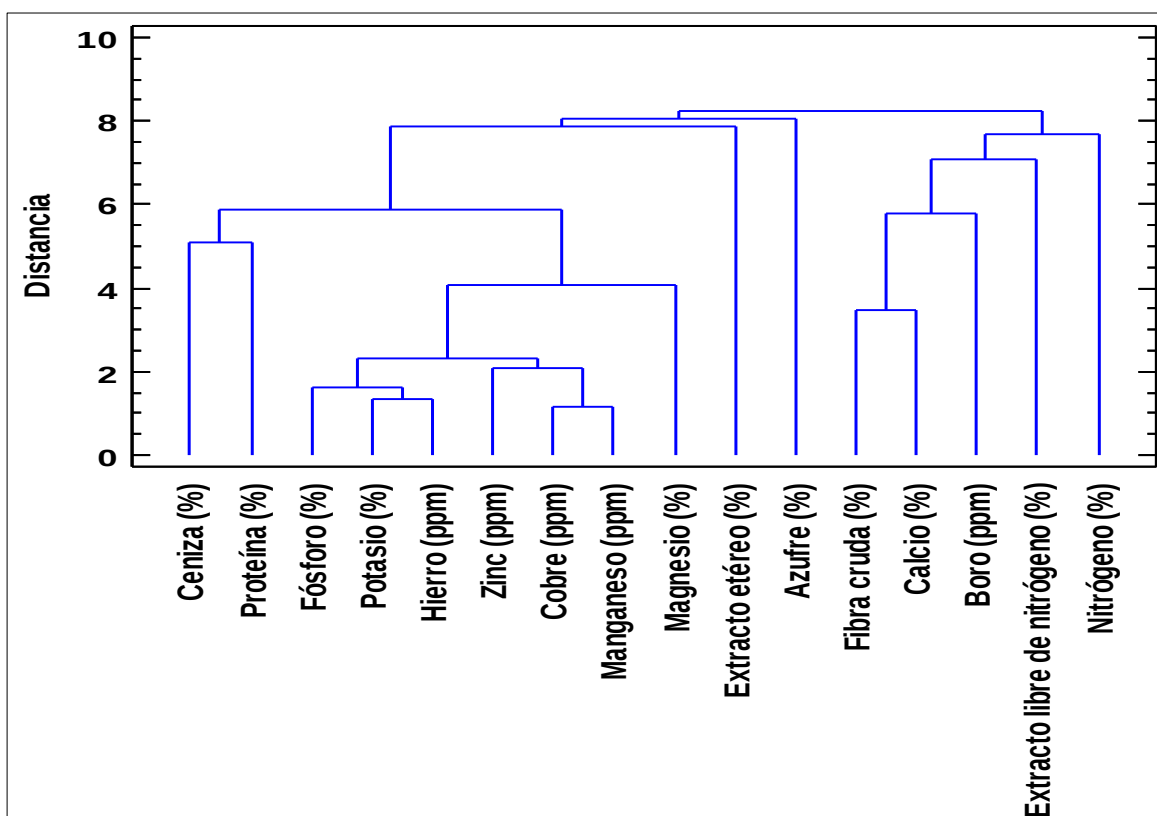
Método de Conglomeración: Vecino Más Cercano (Vínculo Simple)

Métrica de Distancia: Euclideana Cuadrada

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En el gráfico 20, se exponen grupos (conglomerados) respecto a variables físicas analizadas en la almendra de cacao, a continuación se describen las distancias que tienen entre sí: Las variables parcial fermentación y total fermentado tienen la menor distancia 0,020; índice de almendra y peso de 100 almendras con una distancia de 0,062; buena fermentación y parcial fermentación poseen una distancia de 1,90; humedad y almendras pizarrosas conservan una distancia de 2,60; buena fermentación y almendras violetas tienen una distancia de 6,81; humedad e índice de almendra con una distancia de 9,84; humedad y testa poseen una distancia de 10,23; humedad y buena fermentación tienen la mayor distancia 29,78.

Gráfico 21. Dendograma de los análisis químicos en el cotiledón.



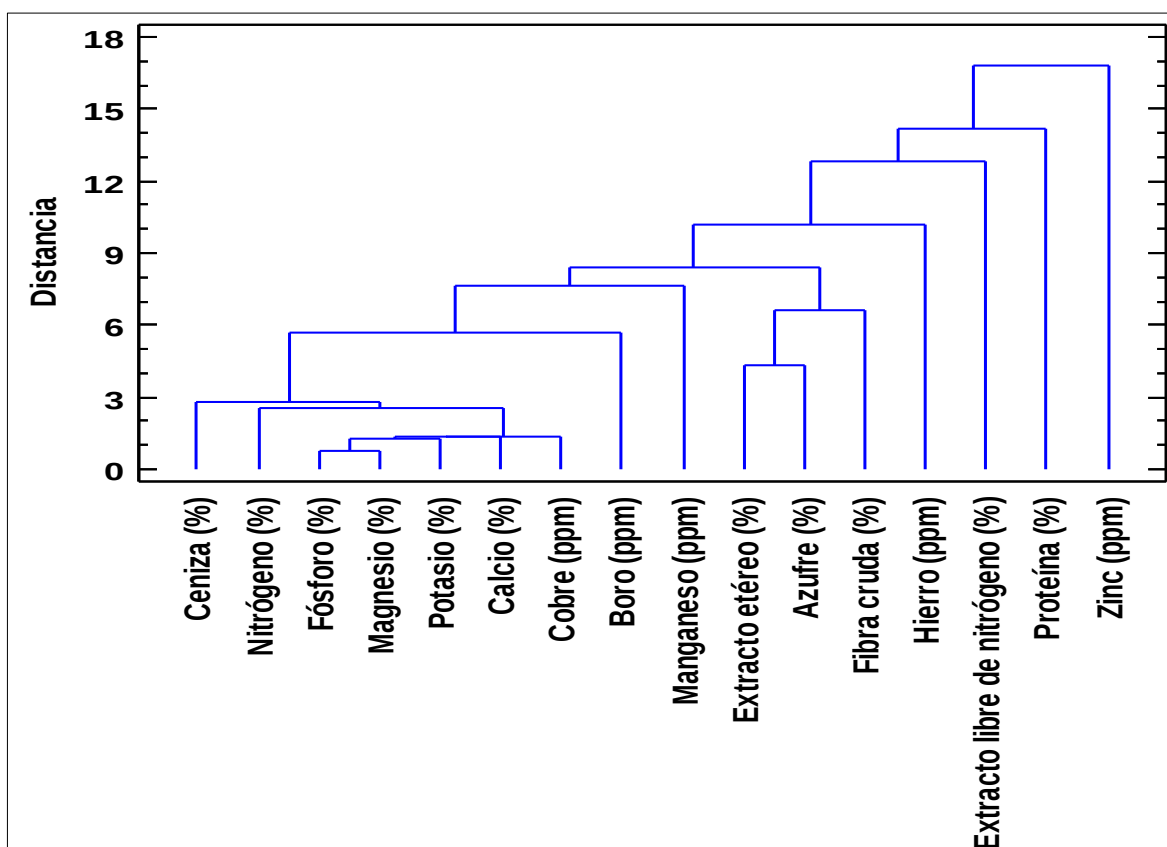
Método de Conglomeración: Vecino Más Cercano (Vínculo Simple)

Métrica de Distancia: Euclidean Cuadrada

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En el gráfico 21, se encuentran grupos (conglomerados) respecto a variables químicas analizadas en el cotiledón, a continuación se describen las distancias que tienen entre sí: Las variables cobre y manganeso tienen la menor distancia 1,17; potasio y hierro con una distancia de 1,35; fósforo y potasio poseen una distancia de 1,62; zinc y cobre conservan una distancia 2,09; fósforo y zinc tienen una distancia de 2,33; fibra cruda y calcio con una distancia de 3,45; fósforo y magnesio poseen una distancia de 4,05; ceniza y proteína conservan una distancia de 5,08; fibra cruda y boro tienen una distancia de 5,76; ceniza y fosforo con una distancia 5,87; fibra cruda y extracto libre de nitrógeno poseen una distancia de 7,07; fibra cruda y nitrógeno conservan una distancia de 7,70; ceniza y extracto etéreo conservan tienen una distancia de 7,87; ceniza y azufre con una distancia de 8,06; ceniza y fibra cruda tienen la mayor distancia 8,23.

Gráfico 22. Dendograma de los análisis químicos en la cascarilla.



Método de Conglomeración: Vecino Más Cercano (Vínculo Simple)

Métrica de Distancia: Euclideana Cuadrada

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Interpretación: En el gráfico 22, se evidenció grupos (conglomerados) respecto a variables químicas analizadas en la cascarilla de la almendra de cacao, a continuación se describen las distancias que tienen entre sí: Las variables fosforo y magnesio tienen la menor distancia 0,73; fósforo y potasio con una distancia de 1,27; fosforo y calcio poseen una distancia de 1,34; fósforo y cobre conservan una distancia de 1,38; nitrógeno y fosforo tienen una distancia de 2,53; ceniza y nitrógeno con una distancia de 2,78; extracto etéreo y azufre poseen una distancia de 4,28; ceniza y boro conservan una distancia de 5,70; extracto etéreo y fibra cruda tienen una distancia de 6,63; ceniza y manganeso con una distancia de 7,62; ceniza y extracto etéreo poseen una distancia de 8,37; ceniza y hierro conservan una distancia de 10,19; ceniza y extracto libre de nitrógeno tienen una distancia de 12,82; ceniza y proteína con una distancia de 14,19; ceniza y zinc tienen la mayor distancia con 16,79.

4.3. Discusión

4.3.1. Discusión con relación al Factor A (Clones de cacao)

- **Análisis físicos en la almendra**

En testa se obtuvo los valores más altos en el CCN-51 (17,10%), seguido del CLON-2 (16,39 %) y el más bajo en el CLON-1 (14,09 %), estos datos están dentro del rango entre 11,6 a 21,4 % obtenido por Jiménez Barragán, *et al.*, (2011), el cual menciona que el porcentaje de testa varía según el árbol de cacao de donde procedía la muestra, demostrando la variabilidad genética para esta característica.

En el índice de almendras, el valor más alto en el CCN-51 (1,56 g) seguido del CLON-1 (1,45 g) y el valor más bajo en CLON-2 (1,26 g), según Jiménez Barragán, *et al.*, (2011) el promedio de índice de semillas a través de muestras, igual a 1,31 g, refleja el buen tamaño de las almendras.

En el peso de 100 almendras, se encontró que el más pesado es el CCN-51 (156,42 g), seguido del CLON-1 (146,67 g) y el menos pesado el CLON-2 (129,95 g), estos datos se encuentran dentro de la NTE INEN 176, la cual hace referencia que el peso mínimo de 100 almendras debe ser de hasta 105 g en grano beneficiado.

En almendras con parcial fermentación, el mayor porcentaje lo obtuvo el CCN-51 (46,25 %) seguido del EETP-801 (45,25 %) y en menor porcentaje el CLON-2 (33,25 %), estos porcentajes están dentro de la NTE INEN 176, debido a que el porcentaje mínimo de parcial o ligera fermentación es del 27 % en grano beneficiado.

En almendras pizarrosas, el porcentaje más alto lo obtuvieron el CCN-51 y EET-103 con (48,75 %) y el porcentaje más bajo el EETP-801 (44,75 %), estas cifras son superiores a lo permitido en la NTE INEN 176, el porcentaje máximo de almendras pizarrosas es del 18 % en grano beneficiado.

- **Análisis químicos proximales en el cotiledón**

En ceniza, el mayor valor lo obtuvo el EETP-801 (4,21 %) y en menor valor el CCN-51 (3,34 %). En datos obtenidos por Vera, *et al.*, (2014) el promedio general de ceniza fue 3,49 %; por lo que tiende a coincidir con los datos obtenidos en el presente estudio. Según Enríquez, (1994), citado por Villavicencio Jácome, (2001) [38], el porcentaje de ceniza, permite distinguir el cacao común con menos de 2,5 % de ceniza, del fino y de aroma con porcentajes superiores a 3%.

En el extracto etéreo o grasa, el valor más alto se consiguió en el CLON-1 (53,02 %) y el valor más bajo en EETP-801 (48,58 %); obteniendo similar cifra a lo publicado por De Jesús Morales, *et al.*, (2012) [39], donde muestra que químicamente el cacao está constituido por el 53,05 % de grasa. Steimberg *et al.*, (2003) y Jahurul *et al.*, (2012) citados por Vera, *et al.*, (2014), indican que el porcentaje de grasa, en las almendras de cacao, debe estar entre 50 y 57% ya que es el responsable directo de las propiedades y aroma del licor del cacao.

En proteína se encontró el mayor porcentaje en el CLON-1 (14,97 %) y el menor porcentaje en el CCN-51 (14,01 %); estos resultados son inferiores a los mostrados por Kalvatchev, *et al.*, (1998), el cual indica que el cacao contiene cerca de 18% de proteínas. Según Martínez Guerrero, (2016) [40], diferencias en el contenido de proteína entre genotipos, pueden ser generadas por la variación en la composición del grano debido al origen, condiciones ambientales y del cultivo.

En fibra cruda el porcentaje superior lo obtuvo el CLON-2 (6.45 %) y el porcentaje inferior el CCN-51 (4,33 %); estos resultados son superiores a los indicados por De Jesús Morales, *et al.*, (2012), el cual reporta un contenido de fibra de 2,09 %. Martínez Guerrero, (2016), menciona que el contenido de fibra en el cacao varía según el genotipo y la localidad en el cual se desarrolla el cultivo.

En extracto libre de nitrógeno o carbohidratos totales, el porcentaje más alto lo obtuvo el EETP-801 (27,20 %); en los resultados de Álvarez, *et al.*, (2007), muestra que los carbohidratos varían del 26,68 a 30,08 %; por lo que el clon EETP-801, se encuentra dentro del rango mostrado por Álvarez, también indica que el contenido varía según el genotipo.

- **Análisis químicos de minerales totales en el cotiledón**

En nitrógeno el mayor valor lo obtuvo el CCN-51 (2,16 %) el cual se asemeja a lo reportado por De Jesús Morales, *et al.*, (2012), el cual indicó que químicamente el cacao está constituido por 2,28 % de nitrógeno.

En fósforo el valor más alto se consiguió en el CLON-2 (0,48 %); en manganeso la concentración más alta lo obtuvo el EETP-800 (21,75 ppm); en magnesio el porcentaje más alto lo obtuvo el EETP-800 (0,38 %) y el porcentaje más bajo el CCN-51 (0,27 %); estos resultados son semejantes a los publicados por Torres Moreno, *et al.*, (2014), el cual presentó un valor promedio de 4231,43 mg/Kg (0,42 %) en fósforo, 21,64 mg/Kg (21,64 ppm) en manganeso y 3075,24 mg/Kg (0,30 %) en magnesio.

En potasio se encontró que el porcentaje más alto está en el CLON-2 (1,08 %); en cobre se halló que en concentración superior está el EETP-800 (18 ppm) y en hierro la mayor concentración lo obtuvo el EETP-800 (50,25 ppm); estos valores son inferiores a los presentados por Torres Moreno, *et al.*, (2014), el cual mostró un valor promedio de 12486,21 mg/Kg (1,24 %) en potasio, 26,1 mg/Kg (26,1 ppm) en cobre y 146,47 mg/Kg (146,47 ppm) en hierro.

En calcio el mayor porcentaje lo obtuvo el EETP-801 y CLON-1 con (0,53 %) y el menor porcentaje el EETP-800 (0,33 %). En zinc el valor más alto se encontró en el EETP-800 (56,25 ppm); los resultados obtenidos son superiores a los publicados por Torres Moreno, *et al.*, (2014), el cual indicó un promedio de 1225,55 mg/Kg (0,12 %) en calcio y 44,65 mg/Kg (44,65 ppm) en zinc.

En azufre el más alto porcentaje se mostró en CLON-2 (0,14 %) y el más bajo porcentaje en el CCN-51 (0,07 %); estos resultados son inferiores a los publicados por Puentes Páramo, *et al.*, 2016 [41], en su estudio (Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao), reportó una concentración de nutrientes a nivel foliar en azufre de 2,04 a 2,30 g/Kg (0,20 - 0,23 %).

En boro el mayor valor lo obtuvo el CLON-2 (39,5 ppm) y el menor el EET-103 (26,25 ppm); estos resultados son semejantes a los mostrados por Puentes Páramo, *et al.*, 2016, en su estudio reportó una concentración de nutrientes a nivel foliar en boro de 24,90 a 39,01 mg/Kg (24,90 a 39,01 ppm).

- **Análisis químicos proximales en la cascarilla**

En ceniza el mayor valor lo obtuvo el EETP-801 (8,36 %) y el menor el CLON-2 (6,90 %); estos valores son similares a los mostrados por Sangronis, *et al.*, (2014), el cual indicó una variación entre 7 y 8 % en ceniza.

En extracto etéreo o grasa se determinó el valor más alto en el EET-103 (4,05 %), y el valor más bajo en CLON-1 (1,50 %); estos valores son semejantes a lo mencionado por Sangronis, *et al.*, (2014), en su publicación presentó un contenido de grasa, algo mayor a 1% e indicó que estudios previos muestran valores menores al 6%, variaciones dependen del tipo de cacao o su origen.

En proteína se encontró el mayor porcentaje en el CLON-1 (20,56 %) y el menor porcentaje en el EET-103 (16,18 %); Sangronis, *et al.*, (2014), exhibió un contenido de proteína aproximado al 20%, e indicó que en el contenido de proteínas de la cascarilla se observan valores similares a los reportados en granos enteros de cacao, lo que revela que la proteína está homogéneamente repartida en el grano.

En fibra cruda el mayor porcentaje lo obtuvo el CCN-51 (21,25 %); este resultado es inferior a los datos de EFSA, (2008) [42], en su publicación evidenció un rango de 23,4 % - 36,2 % en fibra cruda.

En extracto libre de nitrógeno o carbohidratos, el porcentaje más alto lo obtuvo el CLON-2 (57,31 %); este resultado es inferior al de Sangronis, *et al.*, (2014), en su publicación, reportó un porcentaje entre 70 y 72 % en carbohidratos.

- **Análisis químicos de minerales totales en la cascarilla**

En nitrógeno el mayor valor lo obtuvo el CLON-2 (0,45 %) y el menor el EET-103 (0,33 %); según De Jesús Morales, *et al.*, (2012), indicó que químicamente el cacao está constituido por 2,28 % de nitrógeno total; por lo que el valor de la cascarilla en nitrógeno es inferior al cotiledón.

En fósforo el valor más alto presentó el CLON-2 (0,29 %); este valor en cascarilla es inferior a lo expuesto por Torres Moreno, *et al.*, (2014), el cual indica un valor promedio de 4231,43 mg/Kg (0,42 %) de fósforo en la composición química del cacao.

En potasio se encontró que en porcentaje superior está en el CLON-2 (2,77 %) y en porcentaje inferior en el EET-103 (1,91 %); en calcio el mayor porcentaje lo obtuvo el CLON-1 (0,62 %) y el menor porcentaje el CCN-51 (0,51 %); en magnesio, el porcentaje más alto lo obtuvo el CLON-2 (0,45 %) y el porcentaje más bajo el EET-103 (0,33 %); en cobre se encontró que en concentración superior está en el CLON-2 (21,75 ppm) y en concentración inferior en EETP-801 (15,25 ppm); en hierro la mayor concentración lo obtuvo el CLON-2 (155,75 ppm) y la menor concentración el EET-103 (94 ppm); en manganeso la concentración más alta lo obtuvo el EETP-801 (27,50 ppm) y la concentración más baja el CCN-51 (15,25 ppm); estos resultados son superiores a lo reportado por Sangronis, *et al.*, (2014), el cual indicó un rango 700,9 – 810,76 mg/Kg (0,07 – 0,08 %) en potasio, 25,40 – 40,13 mg/Kg (0,002 – 0,004 %) en calcio, 20,45 – 28,52 mg/Kg (0,002 – 0,0028 %) en magnesio, 0,56 a 0,77 mg/Kg (0,56 a 0,77 ppm) en cobre, 0,14 – 0,17 mg/Kg (0,14 – 0,17 ppm) en hierro y 0,71 – 0,82 mg/Kg (0,71 – 0,82 ppm) en manganeso.

En azufre el más alto porcentaje se mostró en el CCN-51 y en el EETP-800 (0,12 %) y el más bajo porcentaje en el CLON-2 (0,08 %); estos resultados son inferiores a lo mostrado por Puentes Páramo, *et al.*, 2016, en su estudio (Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao), reporta una concentración de nutrientes a nivel foliar en azufre de 2,04 a 2,30 g/Kg (0,20 - 0,23 %).

En boro el mayor valor lo obtuvo el CLON-2 (88,25 ppm) y el menor el EET-103 (36 ppm); Puentes Páramo, *et al.*, 2016, en su estudio reporta una concentración de nutrientes a nivel foliar en boro de 24,90 a 39,01 mg/Kg (24,90 a 39,01 ppm); por lo que la cascarilla del EET-103, presenta un valor semejante en boro, según el rango a nivel foliar mostrado por Puentes.

En zinc el valor más alto se halló en el EET-103 (52,25 ppm) y el valor más bajo en CLON-1 (42 ppm); Sangronis, *et al.*, (2014), en su estudio, realizado el análisis, no detectó la presencia de zinc. Torres Moreno, *et al.*, (2014), presenta un promedio de 44,65 mg/Kg (44,65 ppm) de zinc en la composición química del cacao; por lo que la cascarilla del EET-103 tiene un valor superior en zinc al cotiledón.

Diferencias en los análisis proximales y en contenido de minerales totales en el cotiledón y la cascarilla del cacao, según lo mencionado por Sangronis, *et al.*, (2014) y Torres Moreno, *et al.*, (2014), en sus publicaciones, es debido a que depende de varias características en su desarrollo, principalmente genéticas, origen geográfico, composición del suelo, manejo agronómico del cultivo, tratamiento postcosecha, entre otras.

4.3.2. Discusión con relación al Factor B (Acondicionamiento)

- **Análisis físicos en la almendra**

En el porcentaje de humedad de las almendras, el porcentaje más elevado lo obtuvo la condición sin fermentación (6,81%) y el más bajo la fermentación en cajas (5,97 %). Según Ortiz de Bertorelli, *et al.*, 2004 [43], al finalizar la fermentación del cacao el grano queda con un contenido de humedad de aproximadamente 60%; esto quiere decir que las almendras entran al proceso de secado con menor humedad por lo que se secan mejor y más rápido.

En el porcentaje de testa, el valor más alto lo consiguió la condición sin fermentación (16,29 %) y el valor más bajo la fermentación en cajas (14,94 %), Ortiz de Bertorelli, *et al.*, 2004, menciona que al aplicar remoción durante el secado el porcentaje de cáscara disminuye debido al desprendimiento del mucílago causado por la fricción; en el caso del cacao sin fermentar el mucilago se adhiere al grano, engrosando la cáscara y dificultando su desprendimiento.

En el índice de almendras y peso de 100 almendras, se halló el mayor peso en la condición sin fermentación y el menor pesor en fermentación en cajas. Esto es debido a que el peso de la almendra está influenciado por el contenido de humedad y testa, los cuales fueron mayores en la condición sin fermentación. Vera, *et al.*, (2014) menciona en su publicación que mientras los valores de peso del grano fueron mayores, mostraron más peso de testa.

En lo concerniente a porcentaje de fermentación en las almendras, las variables buena fermentación, parcial fermentación, fermentación total y almendras violetas; el más alto porcentaje se mostró en la condición fermentación cajas y el más bajo porcentaje en sin fermentación; Rivera, *et al.*, 2012, menciona que las reacciones bioquímicas, producto de la fermentación, provocaron que la coloración en el interior de los granos cambie progresivamente de violeta a marrón. En almendras pizarrosas, la mayor cantidad se logró en la condición sin fermentación y ninguna en fermentación en cajas. Jiménez Barragán & Amores Puyutaxi, 2008, indican que la presencia de almendras pizarrosas es cuando hay ausencia de fermentación y son sometidas ha secado a rápido.

- **Análisis químicos proximales en la almendra (cotiledón y cascarilla)**

En cotiledón el porcentaje de ceniza más elevado lo obtuvo la condición sin fermentación (4,09%) y el más bajo la fermentación en cajas (3,50%); según Nogales, *et al.*, 2006 [44], esta disminución está relacionada con la mayor eliminación de agua, la cual difunde a través de los poros al medio, arrastrando consigo a minerales hidrosolubles. En testa al contrario que en el cotiledón, el porcentaje más elevado lo obtuvo la condición fermentación en cajas (8,78 %) y el más bajo en sin fermentación (6,11 %); Cubero, *et al.*, 1992 [45], menciona que es consecuencia de la permeabilidad de las células del grano, una vez muerto el embrión, permitió que las cenizas difundieran hacia la testa, diluidas en los líquidos que estaban entrando y saliendo del grano.

En cotiledón el extracto etéreo o grasa la condición sin fermentación obtuvo un promedio de 53,64 % y la condición fermentación en cajas obtuvo un 48,67 %. Lima, *et al.*, 2011, en su publicación informó que las modificaciones cuantitativas en el contenido de grasa debido a la fermentación y al secado fueron casi inexistentes; la base para esa conclusión fue el hecho de que la grasa es insoluble en agua y por lo tanto no se perdería en las sudaduras de fermentación. En testa al contrario que en el cotiledón, el extracto etéreo o grasa el valor más alto lo consiguió la condición fermentación en cajas (3,87 %) y el valor más bajo en sin fermentación (1,86 %); Pineda, *et al.*, 2012 [46], indicó que un incremento en el contenido de grasa posiblemente se debió al resultado del rompimiento celular por la acidificación del medio durante la fermentación y a la liberación de los aminoácidos.

En cotiledón y testa el porcentaje de proteína se halló el mayor valor en la condición sin fermentación y el menor valor en fermentación en cajas; Según Portillo, (2005), citado por Guzmán, *et al.*, 2008 [47], menciona que en el transcurso de la fermentación ocurre una disminución de las proteínas, siendo estas hidrolizadas por las proteasas que dan lugar a la proteólisis lo que conlleva a la formación de oligopéptidos y amino ácidos libres.

En cotiledón el porcentaje de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno (carbohidratos), la mayor cantidad se encontró en la condición fermentación en cajas y la menor cantidad en sin fermentación. Guzmán, *et al.*, 2008, explica que el aumento en el contenido de fibra puede estar relacionado a que durante el proceso fermentativo se generen carbohidratos que no puedan ser digeridos por las enzimas (α amilasa, proteasa y amiloglucosidasa). En testa los porcentajes de fibra cruda y extracto libre de nitrógeno, respecto a la condiciones sin fermentación y fermentación en cajas, presentaron poco margen de variación.

- **Análisis químicos de minerales totales en la almendra (cotiledón y cascarilla)**

En cotiledón y testa las cantidades de nitrógeno, calcio, azufre y boro, obtuvieron los valores más elevados en la condición fermentación en cajas y los valores más bajos la condición sin fermentación. En testa al contrario que en cotiledón, en la variable de magnesio tuvo diferencia significativa, el valor más elevado lo obtuvo en la condición fermentación en cajas y el más bajo en sin fermentación. Esta concentración de minerales puede ser debido a los pH bajos durante el proceso de fermentación, aumento de temperatura y aireación de la masa durante la remoción.

En cotiledón las cantidades de fósforo, potasio, zinc, cobre, hierro y manganeso, alcanzaron los valores más altos en la condición sin fermentación y los valores más bajos la condición fermentación en cajas; Lares Amaiz, *et al.*, 2013 [48], menciona que la disminución del contenido de proteínas y cenizas del cacao fresco con respecto al cacao fermentado y secado al sol, es debida a la gran actividad microbiológica que se desarrolla en el proceso de fermentación y del requerimiento de sustratos (proteínas y minerales) para realizarlo.

En testa a contrario del cotiledón las cantidades de fósforo, potasio, cobre, hierro y manganeso, lograron los valores más altos en la condición fermentación en cajas y los valores más bajos en sin fermentación; Lares Amaiz, *et al.*, 2013; menciona que estos constituyentes (minerales) tienen un efecto de arrastre por el drenado que se produce durante la fermentación; por lo que al ser arrastrados podrían quedar retenidos gran parte en la testa.

En testa la concentración de zinc, consiguió el valor más alto en la condición sin fermentación (49 ppm) y el valor más bajo en fermentación en cajas (46,42 ppm); Sangronis, *et al.*, (2014), en su estudio, realizado los análisis en cascarilla, no detectó la presencia de zinc; también mencionó que el contenido de minerales, además de poseer un interés nutricional, es un parámetro que se modifica con el origen de las muestras analizadas, ya que está influenciado por la naturaleza de los suelos.

4.3.3. Discusión de los resultados de correlación

- **Análisis entre los atributos físicos de la almendra y químicos del cotiledón**

Ceniza se correlacionó en sentido inverso con buena fermentación, a mayor porcentaje de almendras con buena fermentación, menor contenido de ceniza y viceversa; en sentido directo se correlacionó con almendras pizarrosas, a mayor porcentaje de almendras pizarras, también mayor porcentaje de ceniza, de igual manera con los valores bajos.

Fibra cruda se correlacionó directamente con almendras violetas, a mayor porcentaje de almendras violetas, mayor porcentaje de fibra cruda, de igual manera con porcentaje bajos; inversamente se correlacionó con almendra pizarrosa, a mayor porcentaje de almendras pizarras, menor porcentaje de fibra cruda y contrariamente.

Extracto etéreo, proteína, fosforo, potasio y hierro se correlacionaron inversamente con parcial fermentación, a mayor porcentaje de almendras con parcial fermentación, menor porcentaje de extracto etéreo, proteína, fosforo, potasio y menor concentración de hierro, la misma función en viceversa; directamente se correlacionaron con almendras pizarrosas, a mayor porcentaje de almendras pizarras, mayor porcentaje de extracto etéreo, proteína, fósforo, potasio y mayor concentración de hierro, de la misma forma sucede en valores bajos.

Extracto libre de nitrógeno, nitrógeno, calcio y boro se correlacionaron en forma directa con parcial fermentación, a mayor porcentaje de almendras con parcial fermentación, mayor porcentaje de extracto libre de nitrógeno, nitrógeno, calcio y mayor concentración de boro, de igual manera con los valores bajos; en forma inversa se correlacionó con almendras pizarrosas, a mayor porcentaje de almendras pizarras, menor porcentaje de extracto libre de nitrógeno, nitrógeno, calcio y menor concentración de boro, la misma función en viceversa.

Azufre se correlacionó en sentido inverso con testa, a mayor porcentaje de testa, menor porcentaje de azufre y viceversa; en sentido directo se correlacionó en almendra violeta, a mayor porcentaje de almendras violetas, mayor porcentaje de azufre, igualmente con los porcentajes menores.

Manganeso se correlacionó inversamente con parcial fermentación, a mayor concentración de almendras con parcial fermentación, menor concentración de manganeso y viceversa.

- **Análisis entre los atributos físicos de la almendra y químicos de la cascarilla**

Ceniza, extracto etéreo, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio se correlacionaron en forma directa con parcial fermentación, a mayor porcentaje de almendras con parcial fermentación, mayor porcentaje de ceniza, extracto etéreo, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, igualmente con los porcentajes bajos; en forma inversa se correlacionaron con almendra pizarrosa, a mayor porcentaje de almendras pizarras, menor porcentaje de ceniza extracto etéreo, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, la misma función en viceversa.

Proteína en sentido inverso se correlacionó con parcial fermentación, a mayor porcentaje de almendras con parcial fermentación, menor porcentaje de proteína y viceversa; en sentido directo se correlacionó con almendra pizarrosa, a mayor porcentaje de almendras pizarras, mayor porcentaje de proteína

Azufre se correlacionó directamente con parcial fermentación, a mayor porcentaje de almendras con parcial fermentación, mayor porcentaje de azufre, igualmente con los valores bajos.

Cobre se correlacionó en forma directa con almendras violetas, a mayor porcentaje de almendras violetas, mayor concentración de cobre, igualmente con las concentraciones bajas; en forma inversa se correlacionó con almendras pizarrosas, a mayor porcentaje de almendras pizarrosas, menor concentración de cobre y viceversa.

Manganeso se correlacionó en sentido inverso con testa, a mayor porcentaje de testa, menor concentración de manganeso y viceversa; en sentido directo se correlacionó con almendras violetas, a mayor porcentaje de almendras violetas, mayor concentración de manganeso, igualmente con las concentraciones bajas.

4.3.4. Discusión de los resultados de conglomerados

Las variables más similares entre sí son las que menor distancia presentan, en el caso de los atributos físicos de la almendra son las variables parcial fermentación y total fermentado, seguido de las variables índice de almendra y peso de 100 almendras. Las variables más distintas son humedad y buena fermentación, seguido de las variables humedad y testa, ya que tienen la mayor distancia entre sí.

En el caso de los atributos químicos del cotiledón, las variables cobre y manganeso, seguido de las variables potasio y hierro, son las más similares entre sí, debido a la menor distancia que presentan. Las variables más distintas son ceniza y fibra cruda, seguido de las variables ceniza y azufre, ya que tienen la mayor distancia entre sí.

En lo referente a el caso de los atributos químicos de la cascarilla, las variables fosforo y magnesio, seguido de las variables fosforo y potasio, son las más similares entre sí, por la menor distancia que muestran. Las variables más distintas son ceniza y zinc, seguido de las variables ceniza y proteína, ya que tienen la distancia más alta entre sí.

4.4. Tratamiento de hipótesis

- Respecto a los clones de cacao, EETP-800, EETP-801, CLON-1, CLON-2, EET-103 y CCN-51, en las características físicas de la almendra de cacao, las variables: humedad, buena fermentación, fermentación total y almendras violetas; se acepta la hipótesis nula, debido a que no existió diferencia significativa. En las variables: testa, índice de almendra, peso de 100 almendras, parcial fermentación y almendras pizarrosas; se acepta la hipótesis alternativa, debido a que existió diferencia significativa. De acuerdo a las características químicas de la almendra (cotiledón y cascarilla) de cacao, se acepta la hipótesis alternativa, debido a que existió diferencia significativa en los clones de cacao.
- Concerniente al estado de acondicionamiento, sin fermentación y fermentación en cajas, en las características físicas de la almendra de cacao, se acepta la hipótesis alternativa, debido a que el estado de acondicionamiento influyó. De acuerdo a las características químicas en el cotiledón, en la variable magnesio, se acepta la hipótesis nula, debido a que el estado de acondicionamiento no influyó. Las variables: ceniza, extracto etéreo, proteína, fibra cruda, extracto libre de nitrógeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, azufre, boro, zinc, cobre, hierro y manganeso; se acepta la hipótesis alternativa debido a que influyó el estado de acondicionamiento. En lo referente a las características químicas de la cascarilla, se acepta la hipótesis alternativa, debido a que el estado de acondicionamiento influyó.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- De acuerdo a la determinación de las características físicas de la almendra, se concluye que sobresalió los clones EETP-801, CLON-1 y CCN-51; en la químicas proximales del cotiledón los clones EETP-801 y CLON-1; en las químicas de minerales totales del cotiledón el EETP-800 y CLON-2; en las químicas proximales de la cascarilla el EETP-801; en las químicas de minerales totales de la cascarilla el CLON-2.
- Según la evaluación del efecto de acondicionamiento en las características de los clones de cacao, se concluye que en las características físicas de la almendra, prevaleció la condición fermentación en cajas; en las químicas proximales y de minerales totales del cotiledón, la condición sin fermentación; en las químicas proximales y de minerales totales de la cascarilla, la condición fermentación en cajas.
- Respecto a las interacciones clones de cacao por acondicionamiento, en las características físicas de la almendra, proximales y minerales totales del cotiledón y la cascarilla, se concluye que destacaron los clones de cacao que tuvieron fermentación en cajas.
- En lo correspondiente al análisis de correlación, se concluye que el aumento o disminución de porcentajes o concentraciones en los atributos químicos de la almendra, está correlacionado de manera directa e inversa con la fermentación. Determinándose en este estudio que las variables de parcial fermentación y almendras pizarrosas, fueron las que más influencia tuvieron sobre las características químicas del cotiledón y la cascarilla. En lo concerniente al análisis de conglomerados, se concluye que los grupos que lograron menor distancia entre sí, es debido a la homogeneidad en sus datos; mientras que los grupos que tuvieron mayor distancia es a causa de diferencias en sus valores, los cuales no pueden relacionarse.

5.2. Recomendaciones

- De los clones de cacao estudiados, se recomiendan el EETP-800, EETP-801, CLON-1, para su industrialización debido a que se destacaron las siguientes características. Almendra: Testa (menor %), índice de almendras, peso de 100 almendras. Cotiledón: Ceniza, extracto libre de nitrógeno, extracto etéreo, proteína, calcio, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio, zinc, cobre, hierro y manganeso. Cascarilla: Ceniza, extracto etéreo, fibra cruda proteína, azufre y calcio y manganeso.
- Se recomienda realizar el proceso de beneficio (fermentación y secado), debido a que es la principal razón por la que el cacao adquiere sus propiedades físico-químicas que lo hacen distinguido y apreciado por la industria, el cotiledón y la cascarilla, tienen elementos bioactivos que aún falta por aprovechar su potencialidad.
- Debido a que las almendras pizarras son de poco interés industrial, pero demostraron poseer un contenido de nutrientes considerable en el cotiledón, se recomienda para extracción y uso de componentes de interés como: ceniza, extracto etéreo, proteína, fósforo, potasio, zinc, cobre, hierro y manganeso.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] M. Ruales , Origen y aroma del cacao ecuatoriano, Primera ed., Quito: Agrocalidad, 2013.
- [2] Z. Kalvatchev, D. Garzaro y F. Guerra, «Theobroma Cacao L. : Un nuevo enfoque para nutrición y salud,» *Agroalimentaria*, vol. 6, pp. 23-25, 1998.
- [3] R. Rivera, F. Mecías, Á. Guzmán, M. Peña, H. Medina, L. Cassanova, A. Barrera y P. Nivelá, «Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (Theobroma cacao L.) tipo nacional,» *Ciencia y Tecnología*, vol. 5, pp. 7-12, 2012.
- [4] ANECACAO, «Exportacion Ecuatoriana De Cacao-2015,» 4 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://www.anecacao.com/index.php/es/estadisticas/estadisticas-actuales.html><http://www.anecacao.com/index.php/es/estadisticas/estadisticas-actuales.html>. [Último acceso: 8 Agosto 2017].
- [5] G. Loureiro, Q. Araujo , G. Sodré , R. Valle, J. Souza, . E. Ramos, N. Comerford y P. Grierson, «Cacao quality: Highlighting selected attributes,» *Food Reviews International*, vol. 9129, pp. 1-24, April 2016.
- [6] PROECUADOR, «Instituto de Promocion de Exportaciones e Inversiones,» 8 Agosto 2013. [En línea]. Available: http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2013/08/PROEC_AS2013_CACAO.pdf. [Último acceso: 22 Septiembre 2016].
- [7] J. Vera, C. Vallejo, D. Párraga, W. Morales, J. Macías y R. Ramos, «Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de cacao nacional (Theobroma cacao L.) en el Ecuador,» *Ciencia y Tecnología*, vol. 7, nº 2, pp. 21-34, 2014.
- [8] F. Sánchez, J. Zambrano , J. Vera, R. Ramos, F. Gárce y G. Vásconez , «Productividad de clones de cacao tipo Nacional en una zona del bosque húmedo Tropical de la provincia de Los Ríos, Ecuador,» *Ciencia y Tecnología*, vol. 7, nº 1, pp. 33-41, 2013.

- [9] E. Portillo, M. Labarca, L. Grazziani, E. Cros, S. Assemat, F. Davrieux, R. Boulanger y M. Marcano, «Formación del aroma del cacao Criollo (*Theobroma cacao* L.) en función del tratamiento poscosecha en Venezuela,» *Revista UDO Agrícola*, vol. 9, nº 2, pp. 458-468, 2009.
- [10] J. A. Guzman Duque y S. L. Gómez Prada, «Evaluación Sensorial de Cacao (*Theobroma cacao* L.) cultivado en la región del sur del departamento de Bolívar (Colombia),» *Investigación Agraria y Ambiental*, vol. V, nº 2, pp. 221-236, 2014.
- [11] E. Portillo, L. Graziani de Farinas y E. Betancourt, «Efecto de los Tratamientos post-cosecha sobre la Temperatura y el Índice de Fermentación en la calidad del cacao criollo Porcelana (*Theobroma cacao* L.) en el Sur del Lago de Maracaibo,» *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, vol. 22, nº 4, pp. 388-399, Octubre 2005.
- [12] J. G. Lanza, P. C. Churión, N. J. Liendo y V. H. López, «EVALUACIÓN DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN CACAO (*Theobroma cacao* L.) DE SANTA BÁRBARA DEL ZULIA, VENEZUELA,» *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigación de la Universidad de Oriente*, vol. 18, nº 1, pp. 106-115, 2016.
- [13] L. Lima, H. Almeida, R. Nout y M. Zwietering, «*Theobroma cacao* L., "The food of the Gods": quality determinants of commercial cocoa beans, with particular reference to the impact of fermentation.,» *Critical reviews in food science and nutrition*, vol. 51, nº 8, pp. 731-761, 2011.
- [14] E. Afoakwa, A. Paterson, M. Fowler y A. Ryan, «Flavor formation and character in cocoa and chocolate: A critical review,» *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 48, nº 9, pp. 840-857, 2008.

- [15] USDA, «Plants Database,» Natural Resources Conservation Service, 23 Enero 2017.
[En línea]. Available: <https://www.plants.usda.gov/core/profile?symbol=THCA>.
[Último acceso: 23 Enero 2017].
- [16] Á. Gil Hernández, Tratado de nutrición: Composición Y Calidad Nutritiva De Los Alimentos, Segunda ed., Madrid: Médica Panamericana, 2010.
- [17] N. Paredes Andrade , Manual de cultivo de cacao para la Amazonía ecuatoriana. Manual no. 76, Quito: INIAP, 2009.
- [18] N. Dostert , J. Roque , A. Cano, M. La Torre y M. Weigend, Hoja botánica: Cacao, Lima, 2012.
- [19] G. Enríquez , Cacao Orgánico, guía para productores ecuatorianos, Quito: Instituto Nacional Autonomo de Investigaciones Agropecuarias, 2004.
- [20] E. Quingaísa y H. Riveros, ESTUDIO DE CASO: DENOMINACION DE ORIGEN "CACAO ARRIBA", Quito, 2007.
- [21] L. Quintana Fuentes , S. Gómez Castelblanco, A. García Jerez y N. Martínez Guerrero , «Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51 , ICS60 e ICS 95 , en la montaña santandereana , Colombia,» *Investigación Agraria y Ambiental*, vol. VI, nº 1, pp. 253-2665, 2015 .
- [22] R. Carrillo Alvarado, T. Carvajal Mera , A. Mendoza García, G. Solórzano Larrea y J. Ponce Ferrín , Cosecha y manejo pos-cosecha en cacao, Portoviejo: INIAP, Estación Experimental Portoviejo, Núcleo de Desarrollo Tecnológico, 2014.
- [23] G. Cubillos, G. J. Merizalde y E. Correa, Manual de beneficio del cacao. Para: técnicos, profesionales del sector agropecuario y productores, Medellín, Antioquia, 2008.
- [24] Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Cosecha y fermentación del cacao, Quevedo: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa Nacional de Cacao y Café, 2006.

- [25] G. Enríquez , Beneficio del cacao, Guayaquil: INIAP, Estación Experimental Boliche, 1995.
- [26] E. Portillo, L. Graziani de Fariñas y E. Cros, «Efecto de algunos factores post-cosecha sobre la calidad sensorial del cacao criollo porcelana (*Theobroma cacao* L.),» *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, vol. XXIII, pp. 49-57, 2006.
- [27] J. C. Jiménez Barragán y F. M. Amores Puyutaxi, *Buenas prácticas para el beneficio del cacao*, Quevedo: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa Nacional de Cacao y Café, 2008.
- [28] M. Paredes Arce, Manual de cultivo de cacao, Ministerio de Agricultura - Programa para el Desarrollo de la Amazonia (PROAMAZONIA), 2003.
- [29] A. Sol Sánchez, J. A. Naranjo Gonzáles , V. Córdova Avalos, D. A. Ávalos de la Cruz y J. M. Zaldívar Cruz , «Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la Chontalpa, Tabasco, México*,» *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, nº 14, pp. 2817-2830, 2016.
- [30] CAOBISCO/AEC/FCC, Cacao en Grano : Requisitos de Calidad de la Industria del Chocolate y del Cacao, 2015.
- [31] NTE INEN 176, *Cacao en grano. Requisitos*, Quito: Instituto Ecuatoriano de Normalización , 2006.
- [32] J. C. Jiménez Barragán y F. M. Amores Puyutaxi, *Clasificación de almendras de cacao por el grado de fermentación*, Quevedo: INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa Nacional de Cacao y Café, 2008.
- [33] . J. C. Jiménez Barragán, F. M. Amores Puyutaxi, C. Nicklin, D. Rodríguez, F. G. Zambrano Flores , M. Bolaños, V. Reynel , A. Dueñas y P. Cedeño , «Micro fermentación y análisis sensorial para la selección de árboles superiores de cacao,» INIAP, Estación Experimental Tropical Pichilingue, Quevedo, 2011.

- [34] C. Álvarez , E. Pérez y L. Mary , «Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua,» *Agronomía Tropical*, vol. 57, nº 4, pp. 249 - 256, Diciembre 2007.
- [35] M. Torres Moreno, E. Torrescasana, J. Salas Salvado y C. Blanch, «Nutritional composition and fatty acids profile in cocoa beans and chocolates with different geographical origin and processing conditions,» *Food Chemistry*, vol. 166, nº 1, pp. 125-132, 2014.
- [36] E. Sangronis, M. J. Soto, Y. Valero y I. Buscema, «Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones,» *ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICIÓN*, vol. 64, nº 2, pp. 123 - 130, 2014.
- [37] R. Loor Solórzano, T. Casanova Mendoza y L. Plaza Avellán, Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café., Primera ed., Mocache, Los Ríos: INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), EET-Pichilingue , 2016, p. 103.
- [38] A. Villavicencio Jácome, «Caracterización química del nivel de fermentación y estudio de los parámetros de calidad del cacao producido en el Ecuador. (Tesis de Licenciatura),» Pontificia Universidad Católica del Ecuador. , Quito, 2001.
- [39] J. de Jesús Morales , A. García y E. Méndez , «¿Qué sabe usted acerca de...Cacao?,» *Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas*, vol. XLIII, nº 4, pp. 79-81, 2012.
- [40] N. C. Martínez Guerrero, «Evaluación de componentes, físicos, químicos, organolépticos y del rendimiento de clones universales y regionales de cacao (*Theobroma cacao* L.) en las zonas productoras de Santander, Arauca y Huila. (Tesis de maestría),» Universidad Nacional de Colombia , Bogotá, 2016.
- [41] Y. J. Puentes Páramo, J. C. Menjivar Flores y F. Aranzazu Hernández, «Concentración de nutrientes en hojas, una herramienta para el diagnóstico nutricional en cacao.,» *Agronomía Mesoamericana*, vol. 27, nº 2, pp. 329 - 336, 2016.

- [42] EFSA, «Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on theobromine as undesirable substances in animal feed,» *The EFSA Journal*, nº 725, pp. 1-66, Junio 2008.
- [43] L. Ortiz de Bertorelli, G. Camacho y L. Graziani de Fariñas, «Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao,» *Agronomía Tropical*, vol. 54, nº 1, pp. 31- 43, 2004.
- [44] J. Nogales, L. Graziani de Fariñas y L. Ortiz de Bertorelli, «Cambios físicos y químicos durante el secado al sol del grano de cacao fermentado en dos diseños de cajones de madera,» *Agronomía Tropical*, vol. 56, nº 1, pp. 5-20, 2006.
- [45] E. Cubero, G. Enríquez, A. Hernández y T. Rodríguez, «Efecto de la altitud sobre el proceso de fermentación,» *Turrialba*, vol. 42, nº 3, pp. 294-298, 1992.
- [46] R. Pineda, M. Chica, L. Echeverri, A. Ortiz , H. Olarte y N. Riaño, «Influencia de la fermentación y el secado al sol sobre las características del grano de cacao THS 565 e ISC 60,» *Vitae*, vol. 19, nº 1, pp. 288-290, 2012.
- [47] R. Guzmán, E. Pérez , C. Álvarez , M. Lares y P. Rodríguez , «Caracterización fisicoquímica y nutricional de almendras del cacao (*Theobroma cacao* L.) frescas y fermentadas provenientes de la región de Rio Chico, estado Miranda-Venezuela,» de *V Congreso Internacional XVI Congreso Nacional de Ingeniería Bioquímica VI Jornadas científicas de Biotecnología Molecular y Biomedicina*, San Álvaro Azcapotzalco , 2008.
- [48] M. Lares Amaiz, E. Pérez Sira, C. Álvarez Fernández, J. Perozo González y S. El Khor, «Cambios de las propiedades físico-químicas y perfil de ácidos grasos en cacao de Chuao, durante el beneficio,» *Agronomía Tropical*, vol. 63, nº 1-2, pp. 37-47, 2013.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexos

Anexo 1. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis físicos en las almendras de cacao según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).

Interacción A*B	Humedad (%)		Testa (%)		Índice de almendra (g)		Peso de 100 almendras (g)		Buena fermentación (%)		Parcial fermentación (%)		Total fermentado (%)		Almendras violetas (%)		Almendras pizarrosas (%)	
EETP-800 + Sin fermentación.	6,93	A	15,71	CD	1,37	A	136,05	A	0,00	A	2,00	C	2,00	C	2,00	AB	96,0	AB
EETP-800 + Fermentación en cajas.	6,00	A	13,39	G	1,31	A	130,43	A	7,00	A	73,0	AB	80,0	AB	20,0	AB	0,00	C
EETP-801 + Sin fermentación.	6,75	A	16,35	BC	1,51	A	150,53	A	0,00	A	7,00	C	7,00	C	3,50	AB	89,5	B
EETP-801 + Fermentación en cajas.	5,75	A	14,58	EF	1,34	A	140,67	A	3,00	A	83,5	AB	86,5	AB	13,5	AB	0,00	C
CLON-1 + Sin fermentación.	6,80	A	14,30	FG	1,59	A	155,59	A	0,00	A	4,00	C	4,00	C	6,50	AB	89,5	B
CLON-1 + Fermentación en cajas.	5,88	A	13,89	FG	1,33	A	137,76	A	9,50	A	66,5	B	76,0	AB	24,0	AB	0,00	C
CLON-2 + Sin fermentación.	7,05	A	17,46	A	1,35	A	134,19	A	0,00	A	0,50	C	0,50	C	4,00	AB	95,5	AB
CLON-2 + Fermentación en cajas.	6,38	A	15,33	DE	1,18	A	125,73	A	7,50	A	66,0	B	73,5	B	28,0	A	0,00	C
EET-103 + Sin fermentación.	6,88	A	16,57	ABC	1,37	A	137,52	A	0,00	A	2,50	C	2,50	C	0,00	B	97,5	A
EET-103+ Fermentación en cajas.	5,63	A	15,70	CD	1,28	A	127,83	A	8,00	A	75,0	AB	83,0	AB	17,0	AB	0,00	C
CCN-51 + Sin fermentación.	6,50	A	17,39	A	1,62	A	160,27	A	0,00	A	1,50	C	1,50	C	1,00	AB	97,5	A
CCN-51 + Fermentación en cajas.	6,25	A	16,83	AB	1,51	A	152,59	A	9,00	A	91,0	A	100	A	0,00	B	0,00	C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Anexo 2. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis químicos proximales en el cotiledón de la almendra de cacao, según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).

Interacción A*B	Ceniza (%)		Extracto etéreo (%)		Proteína (%)		Fibra cruda (%)		Extracto libre de nitrógeno (%)	
EETP-800 + Sin fermentación.	3,80	E	54,06	C	16,17	D	3,95	H	22,08	I
EETP-800 + Fermentación en cajas.	3,63	F	49,05	I	13,60	I	6,18	E	27,66	C
EETP-801 + Sin fermentación.	4,45	B	50,26	H	16,48	C	4,12	G	24,69	G
EETP-801 + Fermentación en cajas.	3,99	D	46,91	K	12,68	J	6,70	D	29,72	A
CLON-1 + Sin fermentación.	4,37	C	54,92	B	17,40	A	3,70	I	19,58	L
CLON-1 + Fermentación en cajas.	3,15	J	51,13	F	12,55	K	9,12	B	24,10	H
CLON-2 + Sin fermentación.	4,52	A	53,77	D	16,96	B	3,54	J	21,24	K
CLON-2 + Fermentación en cajas.	3,50	GH	48,07	J	12,52	K	9,37	A	26,57	E
EET-103 + Sin fermentación.	3,96	D	56,39	A	14,04	G	3,94	H	21,73	J
EET-103 + Fermentación en cajas.	3,53	G	46,48	L	14,17	F	6,90	C	28,71	B
CCN-51 + Sin fermentación.	3,44	H	52,43	E	14,32	E	3,38	K	26,43	F
CCN-51 + Fermentación en cajas.	3,26	I	50,41	G	13,71	H	5,30	F	27,31	D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Anexo 3. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis químicos de minerales totales en el cotiledón de la almendra de cacao, según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).

Interacción A*B	Macroelementos (%)												Microelementos (ppm)									
	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre		Boro		Zinc		Cobre		Hierro		Manganeso	
EETP-800+ Sin fermentación.	1,60	H	0,49	ABC	1,08	AB	0,25	E	0,32	CD	0,10	CDE	25,0	F	52,0	C	18,0	AB	54,5	B	22,5	AB
EETP-800 + Fermentación en cajas.	2,61	A	0,36	D	1,08	AB	0,42	C	0,44	A	0,16	AB	41,5	BC	60,5	A	18,0	AB	46,0	D	21,0	BC
EETP-801 + Sin fermentación.	1,61	H	0,46	BC	1,11	AB	0,28	DE	0,36	BC	0,09	CDE	20,5	G	51,5	C	19,0	A	59,0	A	24,0	AB
EETP-801 + Fermentación en cajas.	2,49	B	0,12	F	0,46	F	0,80	A	0,27	D	0,08	CDE	40,5	C	15,5	H	4,50	E	17,5	G	6,50	EF
CLON-1 + Sin fermentación.	1,71	G	0,51	AB	0,93	CD	0,33	D	0,36	BC	0,10	CD	34,5	D	53,5	BC	19,0	A	50,0	C	31,5	A
CLON-1 + Fermentación en cajas.	2,49	B	0,15	F	0,44	F	0,74	AB	0,29	D	0,15	B	42,0	BC	20,5	G	5,0	E	21,5	F	7,0	EF
CLON-2 + Sin fermentación.	1,62	H	0,56	A	1,16	A	0,26	E	0,36	BC	0,09	CDE	33,0	DE	43,0	DE	17,0	B	45,5	D	20,5	BC
CLON-2 + Fermentación en cajas.	1,81	F	0,41	CD	1,01	BC	0,72	B	0,40	AB	0,19	A	46,0	A	56,0	B	17,0	B	50,5	C	21,5	BC
EET-103 + Sin fermentación.	2,09	E	0,46	BC	1,06	AB	0,26	E	0,33	CD	0,11	C	22,0	FG	40,5	E	9,50	D	56,0	B	16,0	BCDE
EET-103+Fermentación en cajas.	2,21	D	0,24	E	0,71	E	0,74	B	0,32	CD	0,07	E	30,5	E	35,5	F	11,5	C	35,5	E	12,5	CDEF
CCN-51 + Sin fermentación.	2,03	E	0,44	BCD	0,88	D	0,25	E	0,27	D	0,08	CDE	14,0	H	44,0	D	8,0	D	47,5	D	11,0	DEF
CCN-51+ Fermentación en cajas.	2,31	C	0,13	F	0,32	G	0,71	B	0,27	D	0,07	DE	44,50	AB	17,5	GH	4,50	E	19,0	G	3,50	F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Anexo 4. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis químicos proximales en la cascarilla de la almendra de cacao, según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).

Interacción A*B	Ceniza (%)		Extracto etéreo (%)		Proteína (%)		Fibra cruda (%)		Extracto libre de nitrógeno (%)	
EETP-800 + Sin fermentación.	5,63	K	1,13	J	21,13	B	15,72	K	56,41	B
EETP-800 + Fermentación en cajas.	8,20	D	6,13	A	16,14	G	20,47	D	49,07	L
EETP-801 + Sin fermentación.	6,52	G	2,61	F	23,81	A	17,15	I	49,91	J
EETP-801 + Fermentación en cajas.	10,21	A	3,79	C	15,61	I	20,69	C	49,75	K
CLON-1 + Sin fermentación.	6,22	I	1,33	I	21,04	C	19,59	E	51,86	G
CLON-1 + Fermentación en cajas.	9,83	B	1,67	H	20,08	D	17,81	G	50,60	I
CLON-2 + Sin fermentación.	5,75	J	1,13	J	21,11	B	15,83	J	56,16	C
CLON-2 + Fermentación en cajas.	8,06	E	2,79	E	15,62	I	15,07	L	58,48	A
EET-103 + Sin fermentación.	6,28	H	3,04	D	16,51	F	19,05	F	55,12	D
EET-103 + Fermentación en cajas.	7,77	F	5,07	B	15,86	H	17,23	H	54,09	E
CCN-51 + Sin fermentación.	6,28	H	1,96	G	17,97	E	21,14	B	52,66	F
CCN-51 + Fermentación en cajas.	8,64	C	3,76	C	15,44	J	21,37	A	50,78	H

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Anexo 5. Prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) a los análisis químicos de minerales totales en la cascarilla de la almendra de cacao, según la interacción A*B (Clones de cacao*Acondicionamiento).

Interacción A*B	Macroelementos (%)										Microelementos (ppm)											
	Nitrógeno		Fósforo		Potasio		Calcio		Magnesio		Azufre		Boro		Zinc		Cobre		Hierro		Manganeso	
EETP-800+ Sin fermentación.	2,30	C	0,16	F	2,05	G	0,36	F	0,27	D	0,08	DE	82,00	BC	42,5	EF	14,0	C	121,0	E	20,5	D
EETP-800 + Fermentación en cajas.	2,71	A	0,35	B	3,44	A	0,76	BC	0,56	B	0,16	A	81,00	C	47,5	CD	23,0	B	105,5	G	30,5	A
EETP-801 + Sin fermentación.	1,81	F	0,18	EF	2,27	F	0,38	F	0,29	D	0,07	E	74,50	D	50,5	C	14,0	C	123,0	E	28,5	AB
EETP-801 + Fermentación en cajas.	2,00	E	0,29	C	2,83	C	0,73	CD	0,49	C	0,11	BC	84,50	B	44,5	DE	16,5	C	131,0	C	26,5	BC
CLON-1 + Sin fermentación.	1,81	F	0,20	E	2,45	E	0,44	E	0,31	D	0,09	CDE	79,50	C	47,5	CD	16,5	C	135,5	B	20,0	D
CLON-1 + Fermentación en cajas.	2,11	D	0,25	D	2,96	B	0,80	A	0,47	C	0,08	DE	80,00	C	36,5	G	20,5	B	97,0	H	23,5	CD
CLON-2 + Sin fermentación.	2,02	E	0,16	F	2,08	G	0,37	F	0,27	D	0,08	DE	101,0	A	40,5	F	9,50	D	127,0	D	9,5	F
CLON-2 + Fermentación en cajas.	2,41	B	0,43	A	3,47	A	0,76	BC	0,63	A	0,08	DE	75,50	D	55,5	B	34,0	A	184,5	A	32,0	A
EET-103 + Sin fermentación.	1,19	G	0,16	F	1,21	H	0,36	F	0,18	E	0,11	BC	16,00	G	54,0	B	8,00	D	83,50	I	16,0	E
EET-103 + Fermentación en cajas.	2,00	E	0,29	C	2,62	D	0,78	AB	0,48	C	0,11	B	56,00	E	50,5	C	22,5	B	104,5	G	21,0	D
CCN-51 + Sin fermentación.	1,02	H	0,10	G	1,07	I	0,31	G	0,20	E	0,10	BCD	20,50	F	59,0	A	9,00	D	113,0	F	16,0	E
CCN-51 + Fermentación en cajas.	2,30	C	0,31	C	2,98	B	0,71	D	0,52	BC	0,14	A	59,00	E	44,0	E	21,5	B	110	F	14,5	E

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Elaborado por: Rosero, A. 2017.

Anexo 6. Fotos de la cosecha de cacao.



Anexo 7. Fotos del acondicionamiento sin fermentación y secado en marquesina.



Muestras frescas o en baba.

Muestras secas.

Anexo 8. Fotos del acondicionamiento fermentación en cajas y secado en marquesina.



Fermentación



Remoción



Remoción en secado



Almendras secas

Anexo 9. Fotos de análisis físico en la almendra de cacao.



Humedad



Testa



Índice de almendra



Peso de 100 almendras



Fermentación % (Prueba de corte)