



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

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

Título del Proyecto de Investigación

ESTUDIO DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE ACUERDO A NORMATIVAS INTERNACIONALES CONSIDERANDO SU PROCEDENCIA, TIPOS Y TRANSFORMACIÓN.

Autores:

Ruperty Parraga Jackson Emilio
Sánchez Marceliano Jhordan Falconeri

Director de Proyecto de Investigación:
PhD. Neira Mosquera Juan Alejandro

Quevedo – Los Ríos - Ecuador

2021



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Ruperty Párraga Jackson Emilio**, declaro que la investigación aquí descrita 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.

f. _____
Ruperty Párraga Jackson Emilio
C.I.:131110995-1



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Sánchez Marceliano Jhordan Falconeri**, declaro que la investigación aquí descrita 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.

f. _____

Sánchez Marceliano Jhordan Falconeri

Pasaporte: 76626438



CERTIFICADO DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que los estudiantes Ruperty Parraga Jackson Emilio y Sánchez Marceliano Jhordan Falconeri, realizaron el Proyecto de Investigación de grado titulado **“ESTUDIO DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE ACUERDO A NORMATIVAS INTERNACIONALES CONSIDERANDO SU PROCEDENCIA, TIPOS Y TRANSFORMACIÓN”**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.



Firmado electrónicamente por:

**JUAN ALEJANDRO
NEIRA MOSQUERA**

PhD. NEIRA MOSQUERA JUAN ALEJANDRO
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



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

El suscrito, Ing. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe del Proyecto de Investigación titulado “**ESTUDIO DEL CONTENIDO DE METALES PESADOS EN CACAO (*Theobroma cacao L.*) Y SU INCIDENCIA EN LA CALIDAD DE ACUERDO A NORMATIVAS INTERNACIONALES CONSIDERANDO SU PROCEDENCIA, TIPOS Y TRANSFORMACIÓN**”, presentado por los estudiantes presentado por los estudiantes Ruperty Parraga Jackson Emilio y Sánchez Marceliano Jhordan Falconeri, egresados de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, 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 de URKUND el cual avala los niveles originalidad en un 91 % y similitud 9 %, de trabajo investigativo.

URKUND	
Document	TESIS METALES PESADOS - RUPERTY (FINAL).docx (D116607356)
Submitted	2021-10-27 17:54 (-05:00)
Submitted by	Juan Alejandro Neira Mosquera (neiramosquera@uteq.edu.ec)
Receiver	neiramosquera.uteq@analysis.arkund.com
Message	Tesis Sr. Ruerty Show full message
9% of this approx. 67 pages long document consists of text present in 21 sources.	



Firmado electrónicamente por:
**JUAN ALEJANDRO
NEIRA MOSQUERA**

PhD. NEIRA MOSQUERA JUAN ALEJANDRO
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

“Estudio del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao L.*) y su incidencia en la calidad de acuerdo a normativas internacionales considerando su procedencia, tipos y transformación”

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

Aprobado por:

JOSE VICENTE
VILLARROEL
BASTIDAS

Firmado digitalmente por JOSE
VICENTE VILLARROEL BASTIDAS
Fecha: 2021.11.23 20:07:22
-05'00'

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. José Villarroel Bastidas

AZUCENA
ELIZABETH
BERNAL
GUTIERREZ

Digitally signed by
AZUCENA ELIZABETH
BERNAL GUTIERREZ
Date: 2021.11.24
13:05:00 -05'00'

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Azucena Bernal Gutiérrez



Firmado electrónicamente por:
**ROBERT WILLIAM
MOREIRA MACIAS**

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Robert Moreira Macías.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2021

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por darme salud, sabiduría y tener la dicha de disfrutar mi familia, gracias a mi querida madre Miryurih Parraga Parraga por ser el motivo de mi lucha constante, inculcado valores y dándome su amor incondicional, a mi padre César Ruperty Cedeño por ser un pilar fundamental en mi vida en los momentos difíciles; gracias queridos padres por creer en mí y permitirme cumplir este sueño anhelado.

A mi hermana Emely Ruperty, por siempre apoyarme, Así mismo a todas las personas que estuvieron presente en cada paso dado, de la misma manera a mis queridos familiares y amigos quienes me apoyaron en los momentos más difíciles de esta maravillosa etapa de mi vida, brindándome consejos y palabras de aliento que me guiaban a crecer como una persona de principios.

Gracias a mí querida Universidad Técnica Estatal de Quevedo, la carrera Ingeniería Agroindustrial y cada uno de los docentes que impartieron sus conocimientos, su paciencia y consejos de vital importancia para mi formación académica. Un agradecimiento muy especial a la Ingeniera Sonnia Barzola Miranda, docente y amiga que, con sus consejos y apoyo, inculcó su conocimiento y sabiduría en mi formación.

Muy agradecido con mi director PhD. Juan Alejandro Neira Mosquera que, con su amplio conocimiento y trayectoria como docente e investigador, me permitió tener ese privilegio de ser uno de sus dirigidos y aprender de una gran persona, responsable, trabajadora, alegre, ejemplo profesional y dedicada a cada una de sus labores.

Este es un momento muy especial que espero, permanezca en el tiempo, no solo en la mente de las personas a quienes agradecí, sino también a quienes invirtieron su tiempo para acompañarme en este complicado pero bonito proceso de aprendizaje, a ellos, Así mismo, les agradezco con todo mi ser.

Jackson Emilio Ruperty Párraga

DEDICATORIA

El presente proyecto de investigación está dedicado a Dios, gracias amado Señor por brindarme salud, fuerza y sabiduría.

A la vez, también dedico de forma muy especial a mi querida madre Miryurih Parraga quien es el motor de mi vida, el motivo de mi lucha y perseverancia, a mi querido padre César Ruperty por cada uno de sus consejos, a mi hermana Emely Ruperty por ese apoyo incondicional y a mi hermano Jasmany Ruperty, que, aunque la vida nos separó físicamente dejando un dolor inmenso, estoy convencido que estaría muy orgulloso de este momento tan especial, dedico a ellos que siempre me apoyaron incondicionalmente en este camino.

A mis familiares, amigos, docentes y demás personas que fueron parte muy importante de esta etapa de mi vida universitaria.

Jackson Emilio Ruperty Párraga

AGRADECIMIENTO

Empezar agradeciendo a Dios, por darme la fortaleza de superar cada obstáculo que se me ha presentado en la vida, por permitirme desarrollarme como un hombre íntegro y comprometido con el bienestar de los demás.

A mis padres, Falconeri Sánchez y Pilar Marceliano, por inculcarme valores que han prevalecido conmigo en cada paso de mi vida, por su amor y apoyo que me han brindado, logrando forjar mi carácter e interés por trascender en la vida, así como también a mi hermano Miguel y mi hermana Julissa.

A mis amigos que me han apoyado en los momentos difíciles y siempre han estado dispuestos a ser un soporte en mi vida, de igual manera a aquellas personas con las que he coincidido en el transcurso de mi vida y me han hecho feliz.

A mí querida Universidad Técnica Estatal de Quevedo, por permitirme ser parte de ella y haber adquirido un desarrollo íntegro, así mismo al hermoso país de Ecuador, por acogerme y enseñarme que el amor a un país trasciende de las fronteras y diferencias culturales.

A mi tutor PhD. Alejandro Neira, por su calidad profesional y personal, que me inspiran a seguir adelante y desarrollar mi potencial, mediante su guía académica, logrando que pueda culminar mi proyecto de investigación.

Sánchez Marceliano Jhordan Falconeri

DEDICATORIA

A Dios por permitirme vencer los obstáculos por llenarme de sabiduría y guiarme por el buen sendero de la vida.

A mi padre Falconeri Sánchez, por enseñarme que no existen límites para seguir aprendiendo, pues su legado continuara existiendo en mí. A mi bella madre Pilar Marceliano por demostrarme que el amor por un hijo es el más grande que existe. A mis hermanos Julissa y Miguel, por apoyarme en el transcurso de mi vida y en los momentos difíciles.

Finalmente, a mis amigos y personas que he conocido durante mi vida académica en el hermoso país ecuatoriano con los cuales he compartido momentos de felicidad y amistad.

Sánchez Marceliano Jhordan Falconeri

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar el contenido de metales pesados en cacao nacional (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la calidad de acuerdo a normativas internacionales considerando procedencia, tipos y transformación. Se seleccionaron 7 kg de cada tipo de cacao, controlando temperaturas de fermentado y con remociones de 24 horas, para finalizar un secado al sol hasta una humedad de 7 %. Se aplicó el primer diseño trifactorial AxBxC, para evaluar los factores que intervienen en el estudio de metales pesados, siendo los tipos de muestras (Factor A), localidades (Factor B) y tipos de cacao (Factor C). De esta forma, las localidades inciden significativamente en los niveles de metales pesados, seguido de los tipos de cacao, siendo $a_2b_1c_0$, el tratamiento que cumple con los límites permisibles de metales pesados según normativas internacionales ($<0,01$ mg/Kg) y, por último, tipos de muestra que no varían en su resultado. Así mismo, se aplicó un trifactorial AxBxC para determinar los factores que intervienen en el estudio de las propiedades bromatológicas en la elaboración de chocolate, donde; localidades (Factor A); tipos de cacao (Factor B) y método de fermentación (Factor C); demostrando que el tratamiento $a_1b_0c_1$, fue el mejor tratamiento en las variables grasa, energía, proteína y acidez titulable, por lo tanto, es un tratamiento recomendable para la elaboración de chocolate con excelentes propiedades nutritivas.. Las mejores características sensoriales y nutricionales según la valoración de los jueces, se obtuvieron en los tratamientos ($a_0b_0c_1$, $a_1b_0c_0$, $a_1b_0c_1$, $a_1b_1c_1$).

Palabras claves: Metales, Cacao, Bromatológicos, Fermentación y Chocolate.

ABSTRACT

This research work aims to study the content of heavy metals in national cocoa (*Theobroma cacao* L.) and its impact on quality according to international regulations considering origin, types and transformation. 7 kg of each type of cocoa were selected, controlling fermentation temperatures and with removals of 24 hours, to finish a drying in the sun up to a humidity of 7%. The first trifactorial design AxBxC was applied, to evaluate the factors involved in the study of heavy metals, being the types of samples (Factor A), localities (Factor B) and types of cocoa (Factor C). In this way, the localities significantly affect the levels of heavy metals, followed by the types of cocoa, being $a_2b_1c_0$, the treatment that complies with the permissible limits of heavy metals according to international regulations (<0.01 mg / Kg) and, finally, sample types that do not vary in their result. Likewise, a trifactorial AxBxC was applied to determine the factors involved in the study of bromatological properties in the production of chocolate, where; localities (Factor A); types of cocoa (Factor B) and fermentation method (Factor C); demonstrating that the treatment $a_1b_0c_1$, was the best treatment in the variable's fat, energy, protein and titratable acidity, therefore, it is a recommended treatment for the elaboration of chocolate with excellent nutritional properties. The best sensory and nutritional characteristics according to the judges' assessment were obtained in the treatments ($a_0b_0c_1$, $a_1b_0c_0$, $a_1b_0c_1$, $a_1b_1c_1$).

Keywords: *Metals, Cocoa, Bromatological, Fermentation and Chocolate.*

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problema de la investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.1.2. Formulación del problema.	5
1.1.3. Sistematización del problema.	5
1.2. Objetivos.....	7
1.2.1. Objetivo general.....	7
1.2.2. Objetivos específicos.	7
1.3. Justificación.....	8
1.4. Hipótesis.....	9
1.4.1. Hipótesis nula.....	9
1.4.2. Hipótesis alternativa.....	9
CAPITULO II FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN...11	11
2.1. Marco conceptual.....	12
2.1.1. Generalidades del Cacao (Theobroma cacao).....	12
2.1.2. Taxonomía del cacao.....	12
2.1.3. Composición química del cacao.....	12
2.1.4. Características del cacao.....	13
2.1.5. Cacao nacional.....	14
2.1.6. Tipos de cacao nacional.....	14
2.1.7. Cosecha.....	16
2.1.7. Fermentación del cacao.	17
2.1.8. Tipos de fermentación.	18
2.1.9. Métodos de fermentación.	19
2.1.10. Zonas de cultivo de cacao Nacional.	21

2.1.11. Control de calidad grano del cacao.....	22
2.1.12. Metales pesados.....	23
2.1.13. Chocolate e incidencia del cadmio en la salud.	24
2.1.14. Normativas internacionales en ingesta de metales pesados.	25
2.2. Marco referencial.....	29
2.2.1. Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado.	29
2.2.2. Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario.....	29
2.2.3. “Fermentación de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) con adición de levadura (<i>Saccharomyces cerevisiae</i>) y enzima (PPO’S) en la disminución de metales pesados”.	30
2.2.4. Evaluación del proceso de fermentación y la calidad final de cinco clones de cacao.....	31
2.2.5. Postcosecha y secado del grano del cacao nacional fino y de aroma para la determinación de perfiles físicos, bromatológicos y organolépticos.	31
2.2.6. Efecto tiempo – temperatura de tostado del cacao fino de aroma, en sus características fisicoquímicas y organolépticas.	32
2.2.7. Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) orgánico.	32
2.2.8. Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) De santa bárbara de la zulia, Venezuela.	33
2.2.9. Métodos de fermentación del cacao nacional (<i>Theobroma cacao</i>) y su influencia en las características físico-químicas, contenido de cadmio y perfiles sensoriales.	33
2.2.10. Elaboración de chocolate de siete genotipos experimentales de cacao (<i>Theobroma cacao L.</i>) seleccionados en la Finca Experimental La Represa.	34
2.2.11. Estudio de Línea Base de las Concentraciones de Metales Pesados en Chocolate en Polvo Comercializado en Guayaquil, Ecuador.	34
2.2.12. Evaluación de los parámetros de calidad mediante la identificación de las características organolépticas del Cacao de Exportación en Ecuador.	35
2.2.13. Norma ecuatoriana NTE INEN 0176 (2006): Cacao en grano. Requisitos.....	35

2.2.14. Norma NTE INEN 0621:2010: Chocolates, Requisitos.....	36
2.2.15. Norma para el chocolate y los productos de chocolate CODEX (STAN 87-198)..	36
2.2.16. Unión Europea.....	36
2.2.17. Norma Mexicana-061-1964. Cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Métodos de prueba.....	37
CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	38
3.1. Localización.	39
3.1.1. Condiciones meteorológicas.....	39
3.2. Tipo de investigación.	40
3.2.1. Descriptiva.....	40
3.2.2. Bibliográfica.	40
3.2.3. Experimental.....	40
3.3. Métodos de la investigación.	41
3.3.1. Inductivo.....	41
3.3.2. Deductivo.	41
3.3.3. Analítico.	41
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	42
3.5. Diseños de la investigación.	42
3.5.1. Diseño estadístico 1.....	42
3.5.2. Tratamientos para la investigación de metales pesados en cacao.	43
3.5.3. Análisis estadístico 1.	43
3.5.4. Diseño Estadístico 2.	44
3.5.5. Tratamientos de la investigación para las propiedades bromatológicas del chocolate.	45
3.5.6. Análisis Estadístico 2.	45
3.5.7. Mediciones experimentales.	46
3.6. Instrumentos de investigación.	47

3.6.1. Metodología para realizar los análisis físico-químicos al cacao fermentado y seco.	47
3.6.2. Análisis sensorial.....	49
3.6.3. Metodología para realizar análisis químicos al mejor tratamiento postcosecha.	50
3.6.6. Manejo del experimento.	51
3.7. Tratamiento de los datos.....	54
3.8. Materiales y equipos.....	54
3.9. Recursos humanos.	56
CAPITULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
4.1. Resultados.....	58
4.1.1. Respecto a los resultados del estudio de metales pesados en cacao nacional (<i>Teobroma cacao L.</i>), de acuerdo a tipos de muestra, localidades y tipos de cacao..	58
4.1.2. Respecto a los resultados del estudio de las propiedades bromatológicas de la elaboración de chocolate, de acuerdo a sus localidades, tipos y métodos de fermentación.....	70
4.1.3. Resultados de las características sensoriales del chocolate.	91
4.1.4. Balance de materia del proceso de elaboración de chocolate.....	97
4.2. Discusión.	100
4.2.1. Respecto a los resultados de los análisis de metales pesados en cacao nacional (<i>Teobroma cacao L.</i>), de acuerdo a tipos de muestra (Factor A).....	100
4.2.2. Respecto a los resultados de los análisis de metales pesados en cacao nacional (<i>Teobroma cacao L.</i>), de acuerdo a localidades de estudio (Factor B).....	101
4.2.3. Respecto a los resultados de los análisis de metales pesados en cacao nacional (<i>Teobroma cacao L.</i>), de acuerdo a tipos de cacao (Factor C).	102
4.2.4. Respecto a los resultados del estudio de las propiedades bromatológicas de la elaboración de chocolate, de acuerdo a sus localidades, tipos de cacao y métodos de fermentación (Interacción ABC).	104
4.2.5. Respecto a los resultados de las características sensoriales del chocolate.	107
CAPITULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	110
5.1. Conclusiones.....	111

5.2. Recomendaciones.	112
CAPITULO VI BIBLIOGRAFÍA.....	113
6.1. Bibliografía.	114
CAPITULO VII ANEXOS	121

ÍNDICE DE TABLAS.

Tabla 1. Taxonomía del cacao.....	12
Tabla 2. Composición de la almendra de cacao.	13
Tabla 3. Niveles Máximos para el chocolate y productos derivados en el Reglamento (UE) N.º 488/2014.	26
Tabla 4. Nivel máximo admisible en alimentos manteca y polvo de cacao.	27
Tabla 5. Situación Geográfica y climática.....	39
Tabla 6. Factores que intervienen en el estudio del contenido de metales pesados en el cacao de acuerdo a su tipo de muestra, localización y tipos.....	42
Tabla 7. Combinación de los tratamientos propuestos para el estudio del contenido de metales pesados en el cacao de acuerdo a su muestra, localización y tipos de cacao.	43
Tabla 8. Estructura del Análisis de Varianza para el diseño trifactorial 1 propuesto.....	44
Tabla 9. Factores que intervienen en el estudio de las propiedades bromatológicas en la elaboración de chocolate, de acuerdo a sus localidades, tipos y métodos de fermentación.	44
Tabla 10. Combinación de los tratamientos propuestos para el estudio de las propiedades bromatológicas en la elaboración de chocolate, de acuerdo a sus localidades, tipos y métodos de fermentación.	45
Tabla 11. Estructura del Análisis de Varianza para el diseño trifactorial 2 propuesto.....	46

Tabla 12. Metales pesados en el cacao fermentado y seco.....	46
Tabla 13. Análisis físico-químicos y bromatológicos en el cacao procesado (chocolate). .	46
Tabla 14. Análisis sensoriales para determinar los perfiles del chocolate.	47
Tabla 15. Metodología de los análisis físicos - químicos del cacao fermentado y seco.	47
Tabla 16. Características del grano de cacao fermentado y seco según el grado de fermentación.....	48
Tabla 17. Metodología para la determinación de metales pesados (Cáscara, hojas y almendras de cacao).	50
Tabla 18. Determinación de los análisis químicos y bromatológicos producto final (chocolate).....	51
Tabla 19. Materiales e instrumentos en la fermentación del cacao nacional.	54
Tabla 20. Materiales, equipos y reactivos utilizados en los análisis físico-químicos.	55
Tabla 21. Materia prima, insumos, materiales y equipos utilizados en la investigación (Elaboración de chocolate).....	55
Tabla 22. Materiales de oficina utilizados de la investigación.....	55
Tabla 23. Recursos humanos utilizados en la investigación.	56
Tabla 24. Análisis de varianza del contenido de cadmio en muestras de cacao nacional ...	58
Tabla 25. Análisis de varianza del contenido de plomo en muestras de cacao nacional.....	59
Tabla 26. Análisis de varianza del contenido de arsénico en muestras de cacao nacional .	60
Tabla 27. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados en tipos de muestras (Factor A).	61
Tabla 28. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados en localidades de estudio (Factor B).	63

Tabla 29. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados en tipos de cacao (Factor C).....	65
Tabla 30. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados en cacao nacional (Interacción ABC).	67
Tabla 31. Análisis de la varianza para la variable pH.	70
Tabla 32. Análisis de la varianza para la variable Acidez.....	71
Tabla 33. Análisis de la varianza para la variable Grasa.....	72
Tabla 34. Análisis de la varianza para la variable Energía.....	72
Tabla 35. Análisis de la varianza para la variable Proteína.....	73
Tabla 36. Análisis de la varianza para la variable Humedad.....	74
Tabla 37. Análisis de la varianza para la variable Ceniza.	74
Tabla 38. Análisis de la varianza para la variable Fibra.....	75
Tabla 39. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor A).....	76
Tabla 40. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor B).	79
Tabla 41. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor C).	82
Tabla 42. Prueba de significación de Tukey para resultados análisis bromatológicos del chocolate (Interacción ABC).	85

ÍNDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados presentes en cacao nacional (Factor A: Tipos de muestra).....	61
Figura 2. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados presente en cacao nacional (Factor B: Localidades).....	63
Figura 3. Prueba de significación de Tukey para resultados de metales pesados presente en cacao nacional (Factor C: Tipos de cacao).....	65
Figura 4. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Interacción ABC).....	67
Figura 5. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Factor A: Localidades).	76
Figura 6. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Factor B: Tipos de cacao).....	79
Figura 7. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Factor C: Método de fermentación).	82
Figura 8. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Interacción ABC).....	85
Figura 9. Resultados de evaluación sensorial correspondiente al aroma del chocolate de los tratamientos en estudio (Interacción ABC).....	91
Figura 10. Resultados de evaluación sensorial correspondiente al sabor del chocolate de los tratamientos en estudio (Interacción ABC).....	94
Figura 11. Resultados de evaluación sensorial del chocolate correspondiente de aceptabilidad según la escala de calidad determinada por los jueces.	96

ÍNDICE DE ANEXOS.

Anexo 1: Flujograma de proceso de fermentación de cacao nacional (Teobroma cacao L.).....	122
Anexo 2: Flujograma de proceso para la elaboración de chocolate.	123
Anexo 3. Cuadro general de resultados de metales pesados presentes en cacao nacional (Teobroma cacao L.); según tipos de muestra, localidades y tipos de cacao....	124
Anexo 4. Cuadro general de resultados de análisis bromatológicos del chocolate, según sus localidades, tipos de cacao y métodos de fermentación.....	125
Anexo 5: Normativas utilizadas para la discusión de datos.	126
Anexo 6: Resultados de análisis de metales pesados en muestras de cacao nacional (Teobroma cacao L.).	131
Anexo 7: Proceso de obtención de cacao Nacional para su fermentación.	132
Anexo 8: Proceso de obtención de cacao Nacional para la elaboración de chocolate.	133
Anexo 9: Preparación de muestras en estudio para los análisis de metales pesados.	135
Anexo 10: Análisis físico – químicos y bromatológicos en muestras de chocolate.	136
Anexo 11: Catación de chocolate.....	138
Anexo 12. Modelo ficha sensorial para la catación de chocolate.	139
Anexo 13. Ficha del examen sensorial de chocolate.....	140

CÓDIGO DUBLÍN

Título:	“Estudio del contenido de metales pesados en cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) y su incidencia en la calidad de acuerdo a normativas internacionales considerando su procedencia, tipos y transformación”				
Autores:	Ruperty Parraga Jackson Emilio, Sánchez Marceliano Jhordan Falconeri				
Palabras clave:	Metales	Cacao	Procedencia	Chocolate	Norma europea.
Fecha de publicación	30 de noviembre de 2021				
Editorial	Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2021				
Resumen:	Resumen. - El presente trabajo de investigación tiene como objetivo estudiar el contenido de metales pesados en cacao nacional (<i>Theobroma cacao</i> L.) y su incidencia en la calidad de acuerdo a normativas internacionales considerando procedencia, tipos y transformación. Se seleccionaron 7 kg de cada tipo de cacao, controlando temperaturas de fermentado y con remociones de 24 horas, para finalizar un secado al sol hasta una humedad de 7 %. Se aplicó el primer diseño trifactorial AxBxC, para evaluar los factores que intervienen en el estudio de metales pesados, siendo los tipos de muestras (Factor A), localidades (Factor B) y tipos de cacao (Factor C). De esta forma, las localidades inciden significativamente en los niveles de metales pesados, seguido de los tipos de cacao, siendo a_{2b1c0}, el tratamiento que cumple con los límites permisibles de metales pesados según normativas internacionales ($<0,1$ mg/Kg) y, por último, tipos de muestra que no varían en su resultado. Así mismo, se aplicó un trifactorial AxBxC para determinar los factores que intervienen en el estudio de las propiedades bromatológicas en la elaboración de chocolate, donde; localidades (Factor A); tipos de cacao (Factor B) y método de fermentación (Factor C); demostrando que el tratamiento a_{1b0c1}, fue el mejor tratamiento en las variables grasa, energía, proteína y acidez titulable, por lo tanto, es un tratamiento recomendable para la elaboración de chocolate con excelentes propiedades nutritivas.. Las mejores características sensoriales y nutricionales según la valoración de los jueces, se obtuvieron en los tratamientos (a_{0b0c1}, a_{1b0c0}, a_{1b0c1}, a_{1b1c1}). Abstract. - This research work aims to study the content of heavy metals in national cocoa (<i>Theobroma cacao</i> L.) and its impact on quality according to international regulations considering origin, types and transformation. 7 kg of each type of cocoa were selected, controlling fermentation temperatures and with removals of 24 hours, to finish a drying in the sun up to a humidity of 7%. The first trifactorial design AxBxC was applied, to evaluate the factors involved in the study of heavy metals, being the types of samples (Factor A), localities (Factor B) and types of cocoa (Factor C). In this way, the localities significantly affect the levels of heavy metals, followed by the types of cocoa, being a_{2b1c0}, the treatment that complies with the permissible limits of heavy metals according to international regulations (<0.1 mg / Kg) and, finally, sample types that do not vary in their result. Likewise, a trifactorial AxBxC was applied to determine the factors involved in the study of bromatological properties in the production of chocolate, where; localities (Factor A); types of cocoa (Factor B) and fermentation method (Factor C); demonstrating that the treatment a_{1b0c1}, was the best treatment in the variable's fat, energy, protein and titratable acidity, therefore, it is a recommended treatment for the elaboration of chocolate with excellent nutritional properties. The best sensory and nutritional characteristics according to the judges' assessment were obtained in the treatments (a_{0b0c1}, a_{1b0c0}, a_{1b0c1}, a_{1b1c1}).				
Descripción:	162 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM				
URL:					

INTRODUCCIÓN

Ecuador es de los pocos países reconocidos mundialmente por la calidad y aroma de su cacao producido, razón por la cual sus exportaciones llegan a alcanzar más del 60% de la producción mundial de cacao de fino aroma, según datos del Banco central del Ecuador [1]. De esta manera la producción cacao se ha convertido con el paso de los años en una importante fuente de ingresos económicos para el país como para los miles de trabajadores dedicados a su siembra y cosecha [1].

Debido a su importancia, existen rigurosas normas que establecen los límites de metales pesados que pueda contener el cacao, entre ello una de las más importantes es la estipulada por Comisión Europea, (2014), con el reglamento UE N° 488/2014, en la cual los niveles máximos de cadmio presente en el chocolate con un contenido de materia seca de cacao mayor o igual a 50% tendrá un límite máximo de 0,80 mg/kg y el cacao en polvo vendido al consumidor final 0,60 mg/kg [2]. En cuanto para los niveles máximos de plomo en las almendras de cacao según el Codex Stan 193-1995 se permiten valores de 0,2 mg/Kg [3].

Dentro de los principales compradores del cacao ecuatoriano, se encuentran países europeos, que con el pasar del tiempo han endurecido los controles de calidad y contaminantes de los productos que llegan a dichos países, siendo de esta manera que Ecuador se ve amenazado por posible contaminación de metales pesados como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) en los frutos del cacao, registrando en estudios anteriores niveles superiores de presencia de estos metales, que pueden provocar no solo un daño a la salud, sino que constituyen también una amenaza para los productores y sus exportaciones [4].

Como describen Prieto Méndez [5], los metales pesados son tóxicos en pequeñas concentraciones al ser ingerido por los seres vivos pues no pueden ser degradados fácilmente ya que no cumplen funciones metabólicas específicas en su organismo. Estos metales pesados como el cadmio pueden afectar a los huesos y riñones, es por ello tener cuidado de su presencia en el cacao [5].

Ante ello surge el presente estudio de contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao L.*), aplicando un diseño trifactorial A*B*C en la determinación de metales pesados, donde se consideró tipos de muestra, localidades de procedencia y tipos de cacao; también se presentó un diseño trifactorial A*B*C para el producto final (chocolate en barra), teniendo en cuenta localidades de estudio, tipos de cacao y métodos de fermentación, que se detallan en la metodología. A fin de mostrar con mayor profundidad cómo se puede interrelacionar el contenido de metales con los permitidos de acuerdo a normativas internacionales, se propone brindar información de manera que serviría como fuentes para los productores y exportadores de cacao nacional en Ecuador.

CAPITULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de la investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Al ser el cacao una materia prima de consumo humano, las exigencias de calidad e inocuidad del grano ahora son más estrictos. En este sentido, las concentraciones de cadmio (Cd) y plomo (Pb) en el cacao y en productos derivados se han convertido en tema de interés a nivel mundial en la salud humana.

Debido al desconocimiento de los niveles de metales pesados (cadmio y plomo) que puede presentar el cacao, desde su lugar de procedencia, así como según sus tipos y en el producto final, esto puede constituir un riesgo tanto para los consumidores, como para los exportadores de cacao en Ecuador, pues si el cacao y sus productos derivados resultan con niveles por encima de lo establecido, tanto por normativas nacionales como internacionales no podrían ser utilizados para su consumo o exportación, originando un problema sanitario y económico en las provincias productoras de cacao en Ecuador.

El mercado mundial cada día es más exigente con los niveles máximos de metales pesados proveniente de países productores y exportadores de América Latina, por motivo que el ser humano debe consumir un producto que satisfaga sus necesidades y contengan óptimas propiedades nutricionales beneficiosas para su salud, sin exceder el nivel de metales pesados establecido por la Unión Europea. Razón por la cual ante esta problemática se plantea el siguiente proyecto de investigación, a fin de contribuir en su solución.

Diagnóstico.

Tal como se reporta, Ecuador por sus condiciones climáticas y geográficas, hacen posible que sea uno de los mayores productores y exportadores de cacao de fino aroma en la región, sin embargo, no está libre de los problemas que afrontan los países en vías de desarrollo, tal como es el caso de plagas o cultivos con poca innovación agraria, por lo cual

países que importan el cacao nacional exigen controles de calidad más rigurosos. El cacao es ampliamente sembrado en diferentes lugares del Ecuador, limitando su exportación la presencia de metales pesados que se pueden encontrar en las almendras o en algunos casos en los productos transformados como el chocolate si no fueron detectados.

Los metales pesados pueden estar presentes debido a diferentes factores tales como suelos con alto uso de pesticidas o fertilizantes, características del terreno, contaminantes llevados por personal que trabaja en las plantaciones o por fuentes de contaminación cercanas.

Pronóstico.

La posible presencia de metales pesados en los tipos de cacao, contribuirá al incremento de pérdidas en las cosechas y en productos derivados del cacao rechazados al momento de ser exportados, debido a que esto influye en su calidad, características físico químicas y bromatológicas; la identificación de su origen y lugar de procedencia permitirá tomar acciones para poder controlarlo, beneficiando así a los productores de cacao nacional de las zonas de estudio.

1.1.2. Formulación del problema.

¿El contenido de metales pesados, los tipos de cacao proveniente de diferentes provincias y un producto derivado del mismo, está dentro de los niveles máximos establecidos por normativas internacionales?

1.1.3. Sistematización del problema.

¿Qué influencia tienen los tipos de tipos de muestra (Corteza, Hojas y grano), localidades de procedencia (Cantón Buena Fe y Cantón Pangua) y tipos de cacao (Criollo, Trinitario y forastero) en el contenido de metales pesados presentes en muestras de cacao?

¿Cómo influyen los altos niveles de metales pesados del cacao en la salud humana?

¿Qué parámetros bromatológicos se verán influenciados según las provincias que se produce el cacao y el método de fermentación?

¿Las localidades de estudio (Cantón Buena Fe y Cantón Pangua), tipos de cacao (Criollo, trinitario y forastero) y método de fermentado (Cajones de cascada y sacos de yute) inciden en las características sensoriales y nutricionales del chocolate?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

- Estudiar el contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao L.*) y su incidencia en la calidad de acuerdo a normativas internacionales considerando su procedencia, tipos y transformación.

1.2.2. Objetivos específicos.

- Determinar el contenido de metales pesados (Cadmio, plomo y arsénico) en la corteza, hojas y almendras de cacao (*Theobroma cacao L.*), teniendo en cuenta el lugar de procedencia (Cantón Buena Fe y Cantón Pangua) y tipos de cacao (Criollo, trinitario y forastero).
- Comparar los niveles de los metales pesados (Cadmio, plomo y arsénico) obtenidos con normativas internacionales actuales para establecer su grado de calidad y aceptación.
- Evaluar las propiedades bromatológicas del chocolate elaborado a partir de las almendras de los diferentes tipos de cacao (Criollo, trinitario y forastero), considerando su localidad (Cantón Buena Fe y Cantón Pangua) y método de fermentación (Cajones en cascada y sacos de yute).
- Identificar el tipo de cacao, localidad y método de fermentado que permite obtener un chocolate de mejores características sensoriales y nutricionales.

1.3. Justificación.

La presente investigación se realizará con el fin de estudiar el contenido de Cadmio (Cd), arsénico (As) y Plomo (Pb) presentes en subespecies de cacao (*Teobroma cacao L.*) provenientes de diferentes localizaciones de Ecuador y su incidencia en la calidad del producto final, obteniendo un producto dentro de los rangos establecidos por normativas internacionales.

Ecuador con más del 60% de producción, es el principal productor mundial de cacao fino y de aroma utilizado en la fabricación de chocolate de alta calidad y de tipo gourmet; en la actualidad las exportaciones de cacao fino y de aroma son provenientes de Ecuador, especialmente hacia los mercados europeos.

En los últimos años, la contaminación de metales pesados en la dieta humana se ha convertido en un tema que genera una gran preocupación en muchos países alrededor del mundo. Entre los más peligrosos se encuentran el Pb y Cd, una alta concentración puede causar problemas de salud en los seres humanos. La contaminación que provoca el cadmio y plomo en productos derivados del cacao es un tema de interés que amenaza la economía de países productores como Ecuador.

Esta investigación se realizará dentro de dos localizaciones; Cantón Buena Fe y Cantón Pangua que servirán de base para productores y exportadores de cacao con el fin de mitigar o remediar el problema de niveles máximos de metales pesados teniendo en cuenta las normativas establecidas por la Unión Europea, de tal manera que no se vean afectadas las futuras producciones de cacao en caso existan niveles que sobrepasen los límites establecidos.

1.4. Hipótesis.

1.4.1. Hipótesis nula.

Ho. - Las zonas de estudio (Cantón Buena Fe y Cantón Pangua) y los tipos de cacao (Criollo, trinitario y forastero) **no inciden** en los niveles de metales pesados presente en corteza, hojas y almendras del cacao.

Ho. – Los niveles de metales pesados establecidos en normativas internaciones **no inciden** en el grado de calidad y aceptación de los tres tipos de cacao (Criollo, forastero y trinitario).

Ho. - Las zonas de estudio (Cantón Buena Fe y Cantón Pangua) y el método de fermentación (cajones de cascada y sacos de yute) **no influyen** en las propiedades bromatológicas del chocolate.

Ho. – Los tipos de cacao (Criollo, forastero y trinitario), localidad de estudio (Cantón Buena Fe y cantón Pangua) y método de fermentado (Cajones de cascada y sacos de yute) **no difieren** en las características sensoriales y nutricionales del chocolate.

1.4.2. Hipótesis alternativa

Ha. - Las zonas de estudio (Cantón Buena Fe y Cantón Pangua) y los tipos de cacao (Criollo, trinitario y forastero) **inciden** en los niveles de metales pesados presente en corteza, hojas y almendras del cacao.

Ha. – Los niveles de metales pesados establecidos en normativas internaciones **inciden** en el grado de calidad y aceptación de los tres tipos de cacao (Criollo, forastero y trinitario).

Ha. - Las zonas de estudio (Cantón Buena Fe y Cantón Pangua) y el método de fermentación (cajones de cascada y sacos de yute) **influyen** en las propiedades bromatológicas del chocolate.

Ha. – Los tipos de cacao (Criollo, forastero y trinitario), localidad de estudio (Cantón Buena Fe y cantón Pangua) y método de fermentado (Cajones de cascada y sacos de yute) **difieren** en las características sensoriales y nutricionales del chocolate.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. Generalidades del Cacao (*Theobroma cacao*).

El cacao es una planta originaria de América tropical, cuyo origen preciso aun es tema de debate, pertenece a la familia Malvaceae, subfamilia Sterculioideae, antes llamada Sterculiaceae y comprende en promedio de 22 especies, dentro de la cual se encuentra el *Theobroma cacao* L [6]. Su distribución se extiende de manera natural desde el sur de la cuenca del Amazonas hasta Mesoamérica [7], siendo los países de Ecuador, Perú, Brasil y Colombia donde se concentra mayor diversidad [8].

En cuanto a su morfología se destaca la altura la cual llega a crecer, con alturas que van de 12 a 20 metros, aunque suelen mantenerse solo entre 4 a 6 metros [9]. Cuenta con una corteza oscura, con hojas coriáceas simples y mazorcas que varían de forma y color según la variedad [9]. Los requerimientos agroecológicos se encuentran confinados a las áreas de los bosques húmedos tropicales, concentrándose la producción entre los 20° norte y sur de la línea ecuatorial [10].

2.1.2. Taxonomía del cacao.

Tabla 1. Taxonomía del cacao.

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Género	Theobroma
Especie	Theobroma cacao L.

Fuente: Avendaño, Et Al. (2011).

2.1.3. Composición química del cacao.

Tabla 2. Composición de la almendra de cacao.

Composición proximal (g/100g, expresado en base seca)	
Humedad	5,17
Proteína cruda	11,32
Grasa cruda	56,01
Ceniza	3,29
Fibra cruda	0,42
Azucares totales	23,79
Carbohidratos totales	29,38
Polifenoles	0,11

Fuente: Álvarez Et Al. (2007)

2.1.4. Características del cacao.

Es un árbol de tamaño mediano (5-8 m) aunque puede alcanzar alturas de hasta 20 m cuando crece libremente bajo sombra intensa [11]. Su corona es densa, redondeada y con un diámetro de 7 a 9 m [12]. Tronco recto que se puede desarrollar en formas muy variadas, según las condiciones ambientales, [13].

Las hojas son simples, enteras y de color verde bastante variable (color café claro, morado o rojizo, verde pálido) y de pecíolo corto [13]. Las Flores son pequeñas y se producen, al igual que los frutos, en racimos pequeños sobre el tejido maduro mayor de un año del tronco y de las ramas, alrededor en los sitios donde antes hubo hojas [12]. Las flores son pequeñas, se abren durante las tardes y pueden ser fecundadas durante todo el día siguiente [13]. El cáliz es de color rosa con segmentos puntiagudos; la corola es de color blancuzco, amarillo o rosa [13]. Los pétalos son largos. La polinización es entomófila destacando una mosquita del género *Forcipomya*. [13].

Los frutos son de tamaño, color y formas variables, pero generalmente tienen forma de baya, de 30 cm de largo y 10 cm de diámetro, siendo lisos o acostillados, de forma elíptica y de color rojo, amarillo, morado o café [12]. La corteza del fruto es gruesa, dura o suave y

de consistencia como de cuero [13]. Los frutos se dividen interiormente en cinco celdas [13]. La pulpa es blanca, rosada o café, de sabor ácido a dulce y aromática [13]. El contenido de semillas por baya es de 20 a 40 y son planas o redondeadas, de color blanco, café o morado, de sabor dulce o amargo; comienza a producir fruto a los 3 o 4 años de haberse plantado, y se calcula que durante 30 puede producir buen cacao [13].

2.1.5. Cacao nacional.

La variedad tradicional ecuatoriana es del tipo llamada Nacional, la cual es caracterizada por dar un chocolate con buen sabor y aroma, tiene un tipo de fermentación muy corto [14].

La mayor parte del material sembrado en el país corresponde a un genotipo de Nacional con trinitario, las características morfológicas que presenta el fruto son: inicialmente color verde y amarillo al madurar, piel rugosa, almendras en forma elíptica con punta [14].

Ecuador en general, ocupa el séptimo lugar como promotor y productor mundial de cacao, representando el 63% del mercado mundial de cacao nacional fino y aromático [15].

La semilla de oro ha sido durante mucho tiempo la principal moneda extranjera del país, posicionándose como una de las primeras capitales, desarrollando importantes sectores como la industria y el comercio [15].

2.1.6. Tipos de cacao nacional.

El cacao comprende diversas variedades, caracterizadas por su morfología (hojas, flores, fruto, etc.), características agronómicas (requerimientos, resistencia a plagas o enfermedades, etc.) y también por sus marcadores genéticos [16]. Tal y como se menciona, los programas de hoy en día están dirigidos a un aumento de los rendimientos y a una mayor resistencia a plagas; principalmente, se han aprovechado efectos de heterosis después del cruce de individuos de diferentes linajes genéticos [16].

Tradicionalmente la clasificación del cacao se dio por las características morfológicas y la distribución geográfica, de esta manera se encuentra dividido en tres grupos principales:

criollo, forastero y trinitario [17]. Cabe mencionar que debido a que en la actualidad los cruces han aumentado existe una amplia variedad en el cacao, por lo que resulta difícil distinguir entre los grupos tradicionales que se conocen, ante ello Motamayor junto con otros investigadores decidieron dividir el cacao en 10 grupos de acuerdo a marcadores moleculares haciendo uso de los estudios genéticos, logrando una clasificación más exacta [18]. Conforme avanzan los estudios también se han establecido 15 microsatélites estándares para el etiquetado correcto de accesiones de cacao, que son usados en los bancos de germoplasma alrededor del mundo [19].

2.1.6.1. Criollo.

La forma criolla también conocida como nativa por los locales, fue quizá domesticado primero por los mayas, hace más de 3000 años [20]. Hasta hace unos siglos atrás era la forma de cacao más frecuentemente cultivada, pero en la actualidad se estima que solo tiene una producción de entre el 5 – 10 %, desarrollándose principalmente en áreas de origen, en Venezuela, México, Nicaragua, Guatemala y Ecuador [21].

Estos tienen sus flores con estaminoides de color rosado pálido, mazorcas amarillas al estado de madurez, con surcos rugosos y punteados, requieren de periodos cortos de fermentación (2-3 días), es muy aromático y se los designa comercialmente como “cacao fino” [22]. En la actualidad es muy difícil encontrar cacao nacional puro, es por ello que en Ecuador existe el cruce Nacional y Criollos (de diferentes orígenes), que se dio buscando mayor resistencia a plagas o para mejorar el rendimiento [23].

2.1.6.2. Forastero.

La forma forastera, también llamado amazónico, son originarios de las zonas altas del Amazonas y se caracterizan por tener unas mazorcas amarillas o rojizas, con surcos rugosos poco conspicuas, lisas y de extremo redondeado, así mismo cuentan con una

mazorca más gruesa, con mesocarpio fuertemente lignificado, requiriendo periodos de fermentación de entre 4 a 6 días [22]. La mayoría de cultivos de cacao sembrados en el país corresponden a un genotipo de Nacional x Forastero [23]. Cabe destacar que es el grupo comercialmente más importante, cultivado en Brasil, África, América central y el Caribe [6].

2.1.6.3. Trinitario.

La forma trinitaria, corresponde a las diferentes hibridaciones que se han dado entre las formas de criollo y forastero durante mucho tiempo, debido a ello resulta complejo atribuir características morfológicas exactas, pues comparte características intermedias entre los criollos y forasteros [22]. Son de calidad muy variable y son ampliamente cultivado en países donde también se tiene presencia de los otros tipos, entre sus características notorias se encuentra en la mazorca que cuenta con color rojo, purpura y amelonado similar a los forasteros [24].

En Ecuador a través del Programa Nacional de Cacao, desarrollado por el INIAP, se ha venido estudiando el potencial del complejo Nacional x Trinitario mediante la selección de clones (EET-96, EET-103, ETT-544, etc.) con la finalidad de encontrar mejores rendimientos y resistencias a las plagas y enfermedades que afectan al sector cacaotero [25].

2.1.7. Cosecha.

En la más grande parte de las naciones productoras de cacao la cosecha tiene 2 fases marcadas de fructificación y recolección, las cuales por sus porciones se llaman cosecha mayor y cosecha menor [7]. La cosecha menor tiene sitio a lo largo de los meses de octubre, noviembre, diciembre y enero con la curva máxima de producción a lo largo de

los meses de noviembre y diciembre [7]. En los últimos años, los pequeños y medianos productores han adoptado la práctica de vender el cacao en estado fresco debido al elevado precio que conlleva la obra de construcciones para fermentación y secado, además del elevado precio del funcionamiento. [7].

Los árboles de cacao nacional florecen 2 veces al año, siendo el primordial lapso de floración en junio y julio, en los meses de septiembre y octubre tiene sitio una segunda floración, sin embargo, más pequeña [26]. El lapso de maduración de los frutos oscila entre los 4 y los 6 meses, conforme con la elevación sobre el grado del océano y de la temperatura, de esta forma la primera cosecha se centra en los meses de octubre, noviembre y diciembre, y la segunda a lo largo de marzo y abril [26].

El punto óptimo de recolección se genera una vez que las variedades de fruto rojo han tomado un color anaranjado-bermellón y los de fruta amarilla un color amarillo-verdoso, la recolección se hace manualmente por medio de un cuchillo curvado unificado a un palo que posibilita al operario recolectar los frutos de las ramas mejores, los frutos enfermos se destruyen de manera directa en el campo y se entierran, en lo que los frutos sanos se abren para sustraer las semillas y trasladarlas al centro de acopio [26].

2.1.7. Fermentación del cacao.

Este es el proceso por el cual la calidad del cacao se da para hacer chocolate; se limpian las semillas, se mata el embrión y se presentan bien las almendras [27]. Esto requiere lugares bien ventilados y con aire acondicionado [27].

Cuando las almendras no fermentan este proceso se realiza mal o en manera deficiente, se produce el nombrado cacao corriente [27]. Durante el proceso, la actividad de combinación y balanceada de temperatura, alcoholes, ácidos, pH y humedad matan la semilla, disminuye el gusto amargo por la decaída de theobromina y se producen las reacciones bioquímicas que forman el chocolate [27].

La perdurabilidad del sistema de fermentación no debe ser máximo de tres días para los cacaos criollos o de cotiledón lechoso y de ocho para los cacaos forasteros o de cotiledón violáceo o púrpura [27]. Hay diversos métodos para efectuar la fermentación, siendo los más empleados la fermentación en montones, en sacos, en cajas, y el empleo de tendales [27].

Dos fenómenos importantes ocurren durante la fermentación: a) actividad microbiana en la pulpa mucilaginosa, con producción de alcohol y ácidos, lo que libera calor; b) complejas reacciones bioquímicas en el interior de los cotiledones, iniciadas por las difusiones de productos del metabolismo de la pulpa [28].

2.1.8. Tipos de fermentación.

Según [29], el manejo correcto para las fermentaciones anaeróbicas y aeróbicas son claves para el acabado final de un buen producto [29]. Por otro lado, cuando no se observan las técnicas apropiadas, como precisión de las remociones, ocurren cambios bioquímicos indeseables durante la fermentación [29].

2.1.8.1. Fermentación anaeróbica.

La fermentación anaeróbica es la primera del proceso y se inicia después de sembrar la rotura de las mazorcas [29]. En este proceso la glucosa presente en el mucílago es transformado en alcohol, o sea que la azúcar es transformada en alcohol etílico por medio de levaduras que actúan durante las primeras 24 a 48 horas, preciso a que predomina un pH ácido, de 3 a 4, y a que la temperatura sube deprisa alcanzando de 30 a 40 °C [29]. A medida que la concentración de alcohol aumenta a aproximadamente de un 12%, producto del consumo total de todo el azúcar presente en el mucílago, empieza a ingresar oxígeno en la masa, sube el pH, y se produce la muerte de las levaduras, dando por culminada esta primera fase del proceso [29].

2.1.8.2. Fermentación aeróbica.

Esta segunda etapa de la fermentación es aeróbica, preciso a que ocurre con la presencia del oxígeno en la masa de cacao [7]. Automáticamente concluye la fermentación anaeróbica, se inicia la fermentación aeróbica, conocida Así mismo como fermentación acética, requerido a que el alcohol etílico pasa por un proceso de oxidación con la uniforme producción de ácido acético [7] . Este proceso coincide con la primera remoción del cacao que se efectúa 48 horas luego de depositar el cacao en las cajas y se prolonga por 48 horas más hasta ejecutar 96 horas, que es cuando se efectúa la segunda remoción [7].

Para las remociones se usan palas de madera blanda para eludir heridas en los granos de cacao [7]. Por la urgencia de la presencia de oxígeno en la segunda etapa, se efectúa la primera remoción a las 48 horas [7]. El punto decisivo o crítico de la temperatura para cacao está cerca de los 45°C [7]. Normalmente ocurre al final del segundo día o al inicio del tercer día, luego de mover el cacao por primera vez [7].

2.1.9. Métodos de fermentación.

2.1.9.1. Cajones de madera.

El método ancestral consiste fermentar en una fase de 5 a 6 días en cajones de madera tipo escalera los cuales están formados por una o varias series de tres cajones, colocados a diferentes niveles, formando una escala [30]. Generalmente en este tipo de fermentación, la parte delantera del cajón es móvil, para favorecer la remoción de la masa fermentante [30].

Los cajones son contruidos con tablones de maderas finas, resistentes a la humedad, tales como: el cedro o el nogal, y otras de tipo blando, que carecen de resinas y no desprenden sustancias extrañas que interfieran en la calidad final del grano [31]. Para cubrir el cajón se aplican hojas de plátano o sacos de yute, además de la cubierta del cajón, la cual, principalmente, es del mismo material [31]. Los cajones se construyen con tablones de maderas finas, preferentemente blancas, resistentes a la humedad como por ejemplo el

cedro, nogal, laurel, que no desprendan sustancias extrañas, tales como los taninos, que interfieren con la calidad final del cacao. [32]. El cajón, debería reposar sobre aguantes separados del suelo a una elevación aproximada de 0.2 m colocados de tal forma que permitan operatividad en el sistema [32]. Las magnitudes de los cajones varían según la producción del predio y se indica de (0.60 x 0.60 x 0.60) m o (1.0 x 1.0 x 1.0) m dependiendo del volumen de producción de cada plantación [33].

Con base a las evaluaciones llevadas a cabo y la vivencia de la FHIA, el primer volteo de la masa de cacao de un cajón a otro, se debería realizar a las 24 horas luego de iniciado el proceso de fermentación [34]. De igual manera, los volteos sucesivos se realizan además cada 24 horas [34]. En general, la masa de cacao debería conseguir una temperatura superior a los 45 °C desde el tercer día, e incrementará hasta 50 °C o más en los días posteriores [34]. Para ofrecer seguimiento al proceso de fermentación, se debería medir muchas veces la temperatura del cacao en los cajones utilizando un termómetro, que se colocará en el interior de la masa [34].

2.1.9.2. Sacos de Yute.

En el proceso de fermentación es común que el pequeño campesino abra las mazorcas de cacao en el campo y ponga las almendras en sacos de plástico (polipropileno) o yute, para transportarlas hacia el sitio de fermentación; donde se las deja por un lapso de 5 a 6 días necesarios para que se fermenten [35].

En algunos casos los sacos se inclinan, para que tengan mejor aireación y sufran menos ataques de animales que logren provocar mal al proceso, o alternatively, se aglomeran los sacos en el piso asegurándose que el material este fuera del alcance de vectores que le logren generar alteraciones. [35]

Con el objetivo que la masa fermentante se mezcle correctamente, el campesino acostumbra modificar de recipiente cada 2 días, o todos los días y medio, este detalle es

fundamental para obtener una mejor fermentación [35]. Si el recipiente se deja por bastante más de 3 días sin remover, la fermentación resulta deficiente y la mayor parte de las semillas en el centro del proceso quedan sin fermentar [35]. Este procedimiento quizá no es el mejor para darle una buena calidad al cacao, es complicado manejar toda la masa en dichos sacos y principalmente no se quita todo el material por lo tanto se recibe escasas almendras fermentadas y otras no, con porcentajes bastante elevados de material de calidad ineficiente [35].

Es fundamental que los sacos se encuentren bien limpios o sean nuevos [35]. La utilización de sacos que ya fueron usados es problema, a no ser que sean realmente bien lavados para evadir que la calidad final del cacao se vea afectada [35].

2.1.10. Zonas de cultivo de cacao Nacional.

2.1.10.1. Cantón Buena Fe provincia de Los Ríos.

El cantón Buena Fe, es considerado una de las zonas más importantes de la producción cacaotera y en exportación de cacao dentro de la provincia de Los Ríos. Las plantaciones de cacao se las puede encontrar en diferentes recintos: El Triunfo, Las cabuyas, Manizales, Alegría del Congo, Las Cumbias, Pocache, Guayacanes, Cuatro Mangas, Fumisa, Milton Paredes, entre otras.

De estos recintos emerge el cacao Nacional o también denominada ‘pepa de oro’ muy reconocida en varios mercados importantes del mundo, donde todos los comerciantes de Buena Fe, sean minoristas o mayoristas, compran los productos.

2.1.10.2. Cantón Pangua provincia de Cotopaxi.

El cantón Pangua es una zona idónea con un clima subtropical, basa su economía fundamentalmente en el comercio, entre ellos la producción agrícola como el cultivo de cacao [36]. A pesar de la existencia de generosos recursos naturales propicios para el

desarrollo del sector agrícola, las características agroecológicas que favorecen la alta potencialidad para el desarrollo de varios productos, esta zona del cantón Pangua presenta altos índices de pobreza en la población [36].

La población en su mayoría se dedica al cultivo de cacao, gracias a las condiciones climáticas del área; no obstante, la competitividad se está perdiendo gracias a componentes como el decrecimiento de la calidad del cacao, los bajos niveles de productividad de las plantaciones de cacao y rendimiento del producto, esto derivado del desempeño inadecuado de las fincas, insuficiente capacitación, desconocimiento sobre el funcionamiento conveniente de los recursos naturales, reducida ayuda técnica por las entidades públicas del ramo, falta de una composición para la venta y exportación del producto, recursos que finalmente están afectando a la calidad y costo del producto [36].

2.1.11. Control de calidad grano del cacao.

Los centros de acopio y beneficiado compran grano fresco de cacao [11]. Este grano se conoce como cacao en baba puesto que el grano en la mazorca madura está rodeado de mucilago blanco y húmedo [11]. Es necesario evaluar la calidad de este grano, ya que conlleva a obtener un grano seco de calidad [11]. Sin embargo, solo existen referencias de la calidad basadas en la experiencia:

- El grano debe ser fresco, extraído el mismo día de la entrega [11].
- Debe provenir de mazorcas maduras, sanas y sin daños. Esto solo se puede evaluar en área de partido de la mazorca el cual generalmente es en la parcela [11].
- El grano en baba debe ser blanco, húmedo y brillante. El cacao amarillento es indicativo de tener mucho tiempo de extraído. Si la baba está seca o poco jugosa y opaca es indicativo de provenir de mazorca inmadura, sobre madura o enferma [11].
- No debe haber granos negros, café o donde trasluce el color café del grano [11].

2.1.12. Metales pesados.

La definición de metal pesado hace referencia al factor químico que está clasificado en la tabla periódica como metal que tenga una relativa alta densidad y sea tóxico o venenoso en concentraciones inclusive bastante bajas [37]. Los ejemplos de metales pesados o ciertos metaloides, integran el mercurio (Hg), cadmio (Cd), arsénico (As), cromo (Cr), talio (Tl), plomo (Pb), entre otros [37].

Los metales pesados se hallan en la corteza terrestre principalmente como elementos del suelo y el agua, conformando sales u otros compuestos [37]. No tienen la posibilidad de ser degradados o eliminados de forma fácil de manera natural o biológica debido a que no poseen funcionalidades metabólicas concretas para los organismos vivos [37].

2.1.12.1. Cadmio.

El cadmio pertenece a los recursos más accesibles para las plantas en suelos agrícolas, con alteraciones que están afectando en gran medida su movilidad y disponibilidad; por consiguiente, este metal entra de forma sencilla en la cadena alimentaria por medio de vegetales o dulces consumidos diariamente como el chocolate [38].

El cadmio y sus compuestos tienen la posibilidad de movilizarse por medio del suelo, sin embargo, su movilidad es dependiente de diversos componentes como por ejemplo el pH y la proporción de materia orgánica, los que varían conforme el ambiente local [37]. Principalmente, el cadmio se adhiere poderosamente a la materia orgánica en la cual permanece fijo en el suelo y podría ser incorporado por plantas, entrando de esta forma a la cadena alimentaria [37].

La causa por la que se puede hallar este metal pesado dentro del suelo del cultivo de cacao se debería a la aplicación de fertilizantes fosforado, en la situación del área de análisis se

debería a que la plantación colinda con una hacienda bananera de bastante más de 20 hectáreas en la cual se hace la fumigación aérea con fertilizantes de esta clase, debido a que cuando el fertilizante fosforado reacciona en el suelo, la proporción de Cd que queda disponible no reduce por lo menos en 90 días de incubación a 25 °C [38]. Un enfoque común para identificación de la fuente de contaminación es evaluando el reparto vertical de Cd durante un perfil de suelo a profundidad [38].

2.1.13. Chocolate e incidencia del cadmio en la salud.

El chocolate como un alimento, debido a que es así como se consume, es nutricionalmente completo, debido a que tiene alrededor de un 30% de materia grasa, un 6% de proteínas, un 61% de carbohidratos, y un 3% de humedad y de minerales (fósforo, calcio, hierro), además de aportar vitaminas A y del complejo B [39].

La materia grasa del chocolate es la manteca de cacao, la que tiene un 35% de ácido oleico, un 35% de ácido esteárico, y un 25% de ácido palmítico [39]. El 5% restante se conforma por diferentes ácidos grasos de cadena corta cuya estructura es clásica de las distintas almendras de cacao [39].

La estructuración de los triacilglicéridos que conforman la materia grasa del chocolate, se caracteriza por tener un punto de fusión en el rango 27-32°C, y es esta la característica organoléptica más interesante del chocolate, debido a que una barra de este producto se funde con relativa velocidad en el paladar humano conformando, sin originar grumos, una masa cremosa de textura y sabor bastante agradable [39].

El cadmio se acumula principalmente en los riñones, y su tiempo de vida medio biológico en humanos es de 10-35 años [40]. Esta acumulación puede llevar a una disfunción renal tubular, lo cual resulta en un incremento de la excreción de proteínas de bajo peso molecular en la orina [40]. Esto es generalmente irreversible; un alto consumo de cadmio

puede llevar a una distorsión en el metabolismo del calcio y la formación de cálculos renales, el cadmio, además afecta al sistema óseo y respiratorio [40]. La exposición de la población humana al cadmio (Cd) presente ya sea por aire, alimentos y agua puede producir efectos en órganos como los riñones, el hígado, los pulmones, sistema cardiovascular, inmunológico y reproductor [41].

2.1.14. Normativas internacionales en ingesta de metales pesados.

2.1.14.1. Cadmio.

La contaminación de metales pesados en la dieta humana se convirtió en un asunto que produce inquietud en muchas naciones en torno al mundo, puesto que su alta concentración podría provocar inconvenientes en la salud de los humanos [40]. Las secuelas de la contaminación que causa el cadmio en el chocolate y productos derivados del cacao es un asunto de interés que impacta a la economía de las naciones productoras, no obstante, la ausencia del establecimiento de un Grado Mayor (NM) de cadmio para el chocolate y productos del cacao podría amenazar las exportaciones de ciertos territorios [40].

El cadmio (Cd) es reconocido como un factor de riesgo para la salud humana por los daños que ocasiona en diferentes órganos y en el sistema óseo, siendo el consumo de alimentos una de las formas frecuentes de contaminación para los humanos [42]. Por su importancia tóxica, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido como nivel máximo de tolerancia al cadmio en el cuerpo, la cantidad de 7 µg/kg de peso corporal [43]. Este elemento es incorporado en el suelo en forma natural o por acciones antropogénicas, combustibles fósiles, residuos de minería, lodos de depuradores y aplicación de fertilizantes fosfatados. La Organización Mundial del Cacao (ICCO) restringe las exportaciones cuando la concentración de Cd en granos supera el valor crítico de 0.6 mg/kg. [44].

En el año 2014 la Unión Europea publicó el “Reglamento (UE) N° 488/2014 de la Comisión Europea (12/05/2014) que modificó el Reglamento (CE) 1831/2003 en lo que respecta al contenido máximo de cadmio en los productos alimenticios” [45]. En dicha modificación incluye a productos específicos de cacao y chocolates en la lista de contenidos de niveles máximos (NM), los cuales entraron en vigencia a partir de 01 de enero del 2019 [45].

Tabla 3. Niveles Máximos para el chocolate y productos derivados en el Reglamento (UE) N.º 488/2014.

Productos específicos de cacao y chocolate	Niveles máximos ppm (NM)
Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao <30%	0.10
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao 50%, chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao ≥30%	0.80
Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao ≥50%	0.80
Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (chocolate para beber).	0.60

Fuente: Unión Europea - Reglamento (UE) N° 488/2014

2.1.14.2. Plomo.

El Pb es un metal pesado caracterizado por ocasionar efectos tóxicos sobre el tracto gastrointestinal, el sistema renal y el sistema nervioso central (SNC) y periférico, así como interferencias con sistemas enzimáticos [46]. A pesar de que los contenidos de Pb en los productos alimenticios se han reducido sensiblemente gracias a los esfuerzos realizados para disminuir la emisión, la dieta sigue siendo una fuente importante de exposición [46]. Es por ello que se trata que las poblaciones cumplan con la PTWI (Provisional Tolerable Weekly Intake) de 25 µg Pb/kg/semana establecida por el Comité Mixto FAO/OMS [46].

Según las normas federales, los niños pequeños no deben ingerir más de 6 microgramos de plomo al día proveniente del caramelo; mientras para los adultos, el límite es más alto [47]. La Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA, por sus siglas en inglés) de Estados Unidos no tiene directrices para el cadmio en los alimentos. [47]. La FDA controla los niveles de plomo en el suministro de alimentos de Estados Unidos y ha establecido niveles de orientación para el plomo en algunos alimentos, tales como el chocolate donde sus regulaciones no pasan de 0,1 ppm. [48].

Existen diversas normas y regulaciones dependiendo de la región y el mercado, para los niveles permisibles de metales pesados en granos y productos de cacao procesados [48]. Recientemente la Comisión del Código Alimentario (CAC) propuso un valor para el nivel máximo admisible (NMA) de plomo de 0,1 mg/kg en manteca de cacao (un ingrediente clave en el chocolate) y 1,0 mg/kg para masa de cacao y cacao en polvo [49]. La ingesta semanal tolerable propuesta provisionalmente por la Organización Mundial de la Salud (OMS) es de 7 a 25 µg/kg por semana de peso corporal para cadmio y plomo [12]. Sin embargo, 20 en la India, el contenido de plomo en chocolate es 1.92 mg/kg, casi el doble del NMA en cacao en polvo y manteca de cacao [48].

Tabla 4. Nivel máximo admisible en alimentos manteca y polvo de cacao.

Instituciones reguladoras	Concentración de plomo (mg/Kg)	Concentración de cadmio (mg/Kg)
Comisión de Código alimentario (CAC).	0,2	0,1
Organización Mundial de la Salud (OMS).	0,18 - 1,200	0,1
Environmental Safety Institute (AESI).	0,002 - 0,105	0,002 - 0,136

Fuente: Capar, A (2017)

2.1.14.3. Arsénico.

El arsénico es un metal pesado peligroso y que puede clasificarse como no esencial para las funciones metabólicas y otras funciones biológicas [12]. El arsénico presente en los derivados del cacao, se puede originar por las actividades agrícolas industriales, debido a que podría almacenarse en el suelo o en el agua y posteriormente transferirse a los granos de cacao [13]. Pueden resistir el proceso de postcosecha y lograr encontrarse en los productos del chocolate como en la manteca de cacao, cacao en polvo y licor de cacao [12]. La comisión del CODEX Alimentarius y la Comisión de la UE, en respuesta a esta problemática emplearon medidas estrictas para disminuir la exposición de algunos metales pesados, mediante la aplicación de niveles máximos [49]. China ha establecido niveles máximos de plomo y arsénico cuyo valor es de 0,5 mg/kg, para productos y derivados del cacao [50].

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado.

La presencia de metales pesados especialmente cadmio y plomo en cultivos de cacao (*Theobroma cacao L.*), es un problema tanto para agricultores y exportadores de cacao, como para los centros de acopio [51]. La presente investigación tiene como objetivo determinar por espectrofotometría de emisión atómica con plasma inductivamente acoplado la concentración de Cd y Pb en las almendras de cacao que trata la Asociación de productores de cacao Fortaleza del Valle, en los estados de fresco, fermentado y secado [51]. Se analizaron variables físico-químicas acorde a criterios de atributo de las almendras de cacao para lo cual se utilizó un DCA con cinco repeticiones [51]. Las variables estudiadas se analizaron con un ANOVA al 95 % de nivel de confianza y se obtuvo para la humedad 6,33 %; el pH 6,24; el porcentaje de acidez 1,17 %, la determinación del índice de semilla 1,32; la determinación del índice de mazorca 21,94; la determinación del número de almendras por mazorca 40,43; la determinación del peso de 100 almendras 136,34 y la determinación del porcentaje en testa 19,12 % [51]. Los valores promedio de concentración de Cd en las diferentes fases de postcosecha de cacao fueron 0,89 mg.kg⁻¹ para el mucílago, 0,73 mg.kg⁻¹ para el fermentado y 0,95 mg.kg⁻¹ para la almendra seca; así mismo los valores de concentración de Pb fueron para el mucílago 0,38 mg.kg⁻¹; para el fermentado 0,37 mg.kg⁻¹ y para la almendra seca 0,60 mg.kg⁻¹ [51]. Determinándose que estos valores se ubican por encima de los estipulados por el Reglamento (CE) n° 1881/2006 [51].

2.2.2. Evaluación de la incidencia de la fermentación en la calidad del grano de cacao trinitario.

En la presente investigación se evaluó, si la clasificación del grano por cantidad de mucílago (categoría A y B), los métodos de fermentación (sin y con pre-secado) y los tipos de fermentadores (caja de madera y saco de yute), influyen en la calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao L.*), midiendo constantemente: temperatura del ambiente,

porcentaje de humedad relativa, temperatura de la masa (cacao), pH, °brix, porcentaje de acidez, grados alcohólicos y estado del grano [52]. Se analizaron los contenidos de: grasa, proteína, ceniza e índice de fermentación por medio del método de agua y la calidad física del grano por la prueba de corte [52]. Los resultados obtenidos determinaron que el cacao de la categoría A y B presentaron mayor porcentaje de buena fermentación y menor de levemente fermentado siendo estos los que no recibieron pre-secado y fermentados en saco de yute, con 76.3 y 78.7% respectivamente, así como los granos categoría B, sin pre-secado y fermentados en caja de madera con 77 % [52].

2.2.3. “Fermentación de cacao (*Theobroma cacao L.*) con adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (PPO’S) en la disminución de metales pesados”.

La presente investigación se definió con el objetivo de conocer si con la adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (*Polifenol Oxidasas*) en la etapa de postcosecha, ayudaría a mejorar sus propiedades sensoriales a su vez, su utilización como una estrategia para reducir cadmio, mediante una fermentación incorporando en diferentes niveles en relación al peso (2kg por tratamiento), las levaduras 0.5%(10g) y 1%(20g) y enzimas al 2%(40ml) y 2.5%(50ml) a las primeras 24 horas se realizó remociones durante 4 días de fermentación, con el fin de que exista transformación en el cotiledón de las almendras de cacao, mejorando condiciones físicas, sensoriales y disminución de contenido de cadmio en referencia al reglamento 488/2014 [53]. Los resultados que se obtuvieron de las diferentes variables aplicadas en la investigación fueron analizados con un DCA bifactorial [53]. Como factores principales las adiciones de levadura y enzima, tanto para las características físicas y propiedades sensoriales demostraron un comportamiento variable en las concentraciones más altas a diferencia de los testigos [53]. Puesto a que se aplicó las levaduras 1% (20g) y enzimas al 2.5% (50ml). Para los análisis físicos: pH, °brix, Temperatura, Prueba de corte (Índice de semilla, Testa y Cotiledón), Fermentación (granos fermentados, violetas y pizarros), los resultados obtenidos del análisis que se aplicó para conocer el contenido de cadmio fueron favorable y significativo a mayor concentración mejor significancia [53].

2.2.4. Evaluación del proceso de fermentación y la calidad final de cinco clones de cacao.

La finalidad de este trabajo fue estudiar el proceso de micro fermentación de cinco clones de cacao: ICS 01, ICS 95, TSH 565, ICS 39 y CCN 51, los cuales se caracterizaron por sus características fisicoquímicas y método de fermentación [54]. Se controló la temperatura, acidez total, pH, polifenoles totales e índice de fermentación [54]. Al finalizar el proceso de fermentación se procedió a realizar la prueba de corte y la evaluación sensorial del licor de cacao [54]. Los resultados mostraron que el tiempo de fermentación para los clones ICS 95, ICS 01 fue de cinco días para obtener una calidad de cacao estándar, los otros tres clones ICS 39, TSH 565 y CCN 51 requerían 6 días de fermentación, con la finalidad de obtener un cacao premium [54]. El establecer los parámetros de fermentación óptimos permite mejorar la calidad final del cacao y, por ende, aumentar su valor comercial [54].

2.2.5. Postcosecha y secado del grano del cacao nacional fino y de aroma para la determinación de perfiles físicos, bromatológicos y organolépticos.

Este estudio se realizó con la finalidad de determinar los perfiles físicos, bromatológicos y organolépticos en el proceso postcosecha del cacao nacional fino y de aroma, del sitio “Tablada de Sánchez” del Cantón Chone provincia de Manabí [55]. Los resultados de las pruebas físicas obtenidas presentaron diferencias entre las muestras, como es en el caso del índice de fermentación, que estuvo entre 70 a 90 % del total de granos fermentados; las características bromatológicas acidez y ceniza no hubo mayor variación entre sí; contrario al pH y grasa que varían con respecto a cada muestra [55]. El perfil de sabores básicos se obtuvo niveles en referencia a medios y altos en amargor, acidez y la astringencia, los sabores específicos situaron mayores diferencias en los sabores de cacao y frutal frente al floral y nuez [55].

2.2.6. Efecto tiempo – temperatura de tostado del cacao fino de aroma, en sus características fisicoquímicas y organolépticas.

La investigación tuvo como objetivo la evaluación de diferentes tipos de fermentadores y tiempos empleados en la fermentación por los productores de cacao de la zona norte y central de la Provincia de Manabí [56]. En los cuales se estudiaron cuatro tipos de fermentadores: montón, saco de yute, caja de madera y tina plástica con capacidad de almacenamiento de 60 kg, empleando tiempos de fermentación de 2 a 5 días [52]. Se analizaron variables físicas: porcentaje de granos fermentados, pizarrosos y violeta (prueba de corte); químicas: polifenoles (fotometría 760 nm), acidez volátil (arrastre de vapor) y teobromina- cafeína (cromatografía líquida de alta resolución, HPLC) [52]. En cuanto al análisis de los resultados muestra que el tiempo del proceso de fermentación a diferencia del tipo de fermentador, incluye sobre las variables físicas y químicas [52]. Por lo tanto, la calidad química mejora con la reducción de la concentración de compuestos polifenoles y alcaloides, lo que incide sobre las características organolépticas del cacao nacional [52]. Se observó que los tiempos empleados y tipos de fermentadores presentaron mejor calidad entre cinco a cuatro días de fermentación en cajas de madera [52].

2.2.7. Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) orgánico.

La presencia de metales pesados en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) es actualmente un grave problema para agricultores y cooperativas de las regiones Huánuco y Ucayali, Perú [57]. En el presente trabajo se evaluaron los contenidos de cadmio y plomo en suelos y hojas del cacao en estas regiones [57]. Para el efecto se recolectaron y analizaron en laboratorio muestras tomadas en 22 parcelas con cultivos orgánicos de esta especie, 17 en la región Huánuco y cinco en la región Ucayali [57]. Se realizaron análisis de correlación de Pearson entre los contenidos de plomo y cadmio disponibles en el suelo con variables foliares (P, Mg, Ca, Zn, Cd, Pb) y del suelo (arena, arcilla y K) [57]. En los suelos, sólo en el caso de potasio se presentan deficiencias; mientras que en el tejido foliar se presentaron deficiencias de N, P, K, Mg y Zn [57]. Los valores promedio de cadmio y plomo disponible en los suelos fueron 0.53 y 3.02 ppm y en las hojas de cacao de 0.21 y 0.58 ppm respectivamente [57].

2.2.8. Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao* L.) De santa bárbara de la zulía, Venezuela.

Se evaluaron las variaciones de las concentraciones de los metales pesados: cadmio (Cd), cobre (Cu), níquel (Ni), cromo (Cr) e hierro (Fe) en almendras de dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.), híbrido y porcelana, provenientes de la región de Santa Bárbara del Zulia en Venezuela [58]. Estos metales se determinaron mediante la técnica de espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado (ICP-OES) [58]. Los resultados obtenidos, en dos periodos de recolección distintos (2012 y 2013), permiten establecer un intervalo de concentraciones para Cd entre 0,95 y 2,09 mg.kg⁻¹; Cu entre 4,87 y 21,36 mg.kg⁻¹; Ni entre 0,00 y 6,67 mg.kg⁻¹; Cr entre 0,14 y 1,69 mg.kg⁻¹; Fe entre 5,13 y 34,36 mg.kg⁻¹ [58]. Estos resultados permiten crear un punto de referencia para futuras investigaciones [58].

2.2.9. Métodos de fermentación del cacao nacional (*Theobroma cacao*) y su influencia en las características físico-químicas, contenido de cadmio y perfiles sensoriales.

La presente investigación es parte del “Proyecto FOCICYT PFOC 5-14-2017 UTEQ” tuvo como objetivo determinar la variabilidad de tres tipos de cacao nacional (criollo, forastero y trinitario) y el efecto de los días de fermentación (día 1, día 3, día 4, día 5) considerando tres métodos (cajones en cascada, saco de yute, fermentación controlada) y dos zonas de cultivo (Vinces y Baba), además se realizó análisis del contenido de Cd [59]. Para la evaluación de las características físico-químicas se empleó un diseño anidado con 12 tratamientos y 3 repeticiones [59]. En cuanto a los perfiles sensoriales se utilizó un diseño A*B*C con 18 tratamientos y 3 repeticiones [59]. Determinando que el método fermentación controlada – Vinces con el cacao Criollo obtuvo mejores resultados en pH almendra (5.20); pH testa (5.16) y acidez titulable (0,80) [59]. Considerando los días de fermentación, los mejores resultados fueron pH almendra: 6.35; 5.01; 5.18 y 4.94 en fermentación controlada - Baba. Para pH testa: 4.15; 4.44; 4.98; 5.57 en Cajones en cascada - Vinces [59]. El estudio de Cadmio demostró valores que no suponen ningún riesgo al consumidor en todos los tipos de cacao y sistemas de fermentación antes mencionados, siendo alrededor de <0.01 mg/kg [59].

2.2.10. Elaboración de chocolate de siete genotipos experimentales de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados en la Finca Experimental La Represa.

El objetivo de esta investigación es evaluar las propiedades químicas y cualidades organolépticas de chocolate de siete genotipos experimentales de cacao (*Theobroma cacao* L.) seleccionados en la finca experimental “La Represa”, de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo [60]. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con siete tratamientos y tres repeticiones y las medias fueron comparadas a través de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) [60]. Se determinaron las propiedades químicas (Grasa, acidez y energía) y las cualidades organolépticas (generalidades, sabores básicos, sabores específicos, defectos) empleando una prueba descriptiva al chocolate negro degustado por un panel de 10 jueces semi entrenados [60]. Se realizó un análisis económico el cual varió entre tratamientos debido a las formulaciones utilizadas [60]. Para la variable grasa el mejor tratamiento fue el DICYT-H 258 (37.83), la acidez con menor valor lo obtuvo el CCN-51 (2.04) estadísticamente diferente del DICYT-H 259 (8.79), para energía no hubo diferencias significativas, se obtuvo una media general de 607 Kcal [60]. Para las variables organolépticas el DICYT-H 262 obtuvo un perfil floral (Sabor Arriba) [60]. El mayor costo fue para el tratamiento CCN-51 con USD 51.20, el menor costo fue el DICYT-H 258 con USD 40.20 por el uso de más aditivos que los otros tratamientos [60].

2.2.11. Estudio de Línea Base de las Concentraciones de Metales Pesados en Chocolate en Polvo Comercializado en Guayaquil, Ecuador.

En Ecuador se ha demostrado contaminación por metales pesados en el cacao; sin embargo, no se ha estudiado el impacto de esta contaminación sobre el chocolate en polvo de consumo nacional [12]. El objetivo de este estudio fue generar una línea base de la concentración de arsénico, cadmio y plomo en chocolate en polvo comercializado en la ciudad de Guayaquil [12]. Para ello, se adquirieron muestras de chocolate en las zonas norte, centro y sur de la ciudad en tiendas y supermercados [12]. Se eligieron tres marcas más populares y se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica con horno de grafito [12]. El plomo no fue detectable en el chocolate; el As se encontró en bajos niveles

en la Marca-1 ($0,030 \pm 0,021$ mg/kg) y la Marca-3 ($0,060 \pm 0,034$ mg/kg), y, por el contrario, se halló cadmio en todas las marcas de chocolate, con concentraciones de $0,236 \pm 0,082$ mg/kg en la Marca-1, $0,169 \pm 0,066$ mg/kg en la Marca-2 y la Marca-3 superó el límite máximo permisible de 0.600 mg/kg según normativa europea con $1,440 \pm 0,212$ mg/kg, representando un riesgo para los consumidores [12].

2.2.12. Evaluación de los parámetros de calidad mediante la identificación de las características organolépticas del Cacao de Exportación en Ecuador.

El presente trabajo nos permitió identificar, mediante revisión bibliográfica, tres variedades de cacao de exportación en el Ecuador, Cacao Nacional “de Arriba” cultivado en las cuencas del río Daule y Babahoyo, Cacao Naranjal (CCN51) híbrido y Cacao Forastero cultivados en la Amazonía [61]. El primero es empleado para chocolates gourmet, el segundo caracterizado por contener un alto porcentaje de manteca y el tercero utilizado para dar cuerpo a los chocolates [61]. Por otra parte se pudo evidenciar que las características organolépticas del cacao de exportación se deben a una serie de procesos que comienzan en la cosecha, pasan por un proceso de fermentación, secado y tostado, cada etapa es considerada importante, sin embargo las características de sabor y olor se le atribuyen al proceso tostado donde se forman las pirazinas y el linalol, tales compuestos han sido identificados mediante el análisis cuantitativo por Cromatografía de Gases acoplado a la Espectrometría de Masas) [61]. Así mismo, se pudo evidenciar que el cacao presenta contaminación por metales pesados, principalmente por Cadmio, Plomo y Arsénico los cuales son identificados y cuantificados mediante la Cromatografía Líquida de Alta Resolución (HPLC) [61].

2.2.13. Norma ecuatoriana NTE INEN 0176 (2006): Cacao en grano. Requisitos.

Establece los requisitos que el cacao en grano que debe cumplir y a la vez los criterios para su idónea clasificación [62]. Esta norma se aplica al cacao destinado para la comercialización interna o externa y para la materia prima utilizada en los diferentes procesos de producción que se obtiene a partir de la misma [62].

2.2.14. Norma NTE INEN 0621:2010: Chocolates, Requisitos.

Establece definiciones y características de los diversos tipos de chocolate preparados a partir de cacao sin cáscara ni germen, cacao en pasta, torta del prensado de cacao y cacao en polvo, con la adición de sustancias tales como azúcares, manteca de cacao, productos lácteos e ingredientes permisibles previstos en esta norma, según el tipo de chocolate deseado, y al cual se adicionan ingredientes o sustancias aromatizantes con el objeto de modificar en forma característica las propiedades organolépticas del producto final [63].

2.2.15. Norma para el chocolate y los productos del chocolate CODEX STAN 87-198.

La Norma se aplicará al chocolate y a los derivados del chocolate destinados al consumo humano [49]. Mismos que deben ser preparados a partir de cacao o derivados del cacao con azúcares, edulcorantes, productos lácteos, sustancias aromatizantes y otros ingredientes alimentarios [49].

2.2.16. Unión Europea.

Establece los niveles máximos permitidos para cadmio en algunos alimentos que no habían sido incluidos en el reglamento 1881 de 2006 [64]. Entre ellos se encuentran los chocolates y sus derivados, este rigió desde el 2019 y menciona los siguientes los límites: chocolate con leche con un valor < 30 % del contenido de materia seca total de cacao el 0,10 mg/kg; chocolate con un contenido < 50 % de materia seca y chocolate con leche con un contenido ≥ 30 % de materia seca el valor máximo de cadmio es 0,30 mg/kg; chocolate con un contenido ≥ 50 % de materia seca total de cacao el máximo es de 0,80 mg/kg; cacao en polvo comercializado como ingrediente en cacao en polvo edulcorado o vendido al consumidor final (chocolate para beber) el valor de cadmio es de 0,60 mg/kg [64].

2.2.17. Norma Mexicana-061-1964. Cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Métodos de prueba.

Esta Norma, tiene por objeto establecer las especificaciones sanitarias y comerciales que debe cumplir el cacao, chocolate, productos similares y los derivados del cacao [65]. Así mismo, establece la denominación genérica y específica de dichos productos [65].

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

La presente investigación se realizó en la Finca experimental “La María” de la Universidad Técnica Estatal De Quevedo, localizada en el kilómetro 7 ½ de la Vía Quevedo- El Empalme de la provincia de Los Ríos. La materia prima fue recolectada en la Hacienda “Rivadeneira” Rcto. La alegría del Congo perteneciente al Cantón Buena Fe provincia de Los Ríos y en la Finca “Hnos. Silvera” ubicada en el Rcto. Guapara del Cantón Pangua correspondiente a la provincia de Cotopaxi. La fermentación: cajones en cascada y sacos de yute se realizó en las instalaciones de los laboratorios de la Finca Experimental La María” de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Para la elaboración de las barras de chocolate a partir de los tratamientos en estudio se utilizó las instalaciones de una microempresa chocolatera “InduCacao S.A.”; los análisis físico-químicos y bromatológicos se realizaron en el “Laboratorio de Bromatología, laboratorio de Rumiología y Laboratorio de Microbiología” situados en el Campus Universitario “La María”, ubicada en el km 7 ½ de la vía Quevedo – El Empalme y los análisis de metales pesados se realizaron en el laboratorio Multianálityca Cta.Ltda en la ciudad de Quito.

3.1.1. Condiciones meteorológicas.

Las condiciones meteorológicas donde se desarrolló la presente investigación se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 5. Situación Geográfica y climática.

<i>Provincia</i>	<i>Los Ríos</i>
Cantón	Quevedo
Institución	Universidad Técnica Estatal de Quevedo “Finca La María”
Área del proyecto	Laboratorios de Bromatología, Rumiología Microbiología y Taller de Operaciones Unitarias.
Altitud	79,81 m.s.n.m
Latitud	1° 6' S
Longitud	79° 28' 30" Oeste
T° Max.	32 °C
T° Media:	24.8 °C
T° Min.	22 °C

Fuente: Repositorio De La Uteq (2021)

3.2. Tipo de investigación.

Para el respectivo desarrollo del proyecto de investigación cuyo tema: “Estudio del contenido de metales pesados en cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia en la calidad de acuerdo a normativas internacionales considerando su procedencia, tipos y transformación”, se aplicaron las siguientes investigaciones.

3.2.1. Descriptiva.

Se aplicó basado en la problemática de la falta de estudios sobre el contenido de metales pesados en cacao nacional, la variabilidad del tipo de cacao y los métodos de fermentación, así como también la influencia que presenta el tipo de cacao y las zonas en estudio en la calidad de las características físico-químicas y contenido de metales pesados en almendras, hojas y corteza; también en los perfiles sensoriales y bromatológicos del producto final.

3.2.2. Bibliográfica.

Este tipo de investigación se basó en la recopilación de información a partir de libros, documentos, revistas e investigaciones científicas y normas de calidad sobre el cacao en grano y chocolate los cuales fueron fundamentales para el análisis y discusión de los resultados obtenidos.

3.2.3. Experimental.

Mediante este tipo de método se logrará evaluar el contenido de metales pesados presentes en diferentes tipos de cacao; criollo, forastero y trinitario, en diferentes localizaciones productoras, así como en las partes del cacao en estudio: almendra, hojas, corteza; además también evaluar el perfil sensorial y propiedades bromatológicas del producto final, de existir diferencia significativa entre las interacciones utilizadas, se procederá a la aplicación del método estadístico, ANOVA (Análisis de Varianza) y la prueba de

significación de TUKEY para identificar el mejor tratamiento con un margen de error del 5%; utilizando el programa STATGRAPHICS e INFOSTAT respectivamente, y obtener gráficas estadísticas junto a los programas STATISTICA 10 y IMB SPSS STATISTICS 25.

3.3. Métodos de la investigación.

3.3.1. Inductivo.

Este método se utilizó para determinar la importancia del estudio de la influencia que tienen los metales pesados en el cacao; tipos, partes, métodos de fermentación y zonas en estudio sobre las características bromatológicas del cacao Nacional fino de aroma, y su repercusión en los perfiles sensoriales del chocolate.

3.3.2. Deductivo.

Permitió determinar que existió variabilidad entre los tipos de cacao y el contenido de metales pesados en estudio. Así mismo el efecto del método de fermentación que se aplicó en los distintos tipos de cacao nacional (criollo, forastero y trinitario) proveniente de los Cantones Buena Fe y Pangua, demostrando el tratamiento postcosecha con mejores resultados en las características físico-químicas, sensoriales y bromatológicas. Obteniendo un chocolate de calidad e incrementado el valor agregado del sector agroindustrial.

3.3.3. Analítico.

Se empleó análisis de laboratorio para determinar análisis bromatológicos en chocolate: pH, acidez titulable, grasa, energía, fibra; y determinación de metales pesados a las diferentes muestras de estudio, mediante dos diseños experimentales los cuales permitieron analizar factores de estudio, que conllevaron a conocer las diferentes reacciones de cada interacción y mediante un análisis sensorial se identificaron los perfiles sensoriales para determinar el mejor tratamiento.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

- **Fuentes primarias:** Mediante el asesoramiento del tutor de proyecto Dr. Juan Alejandro Neira Mosquera PhD y docentes de la UTEQ se plantearon las variables en estudio, las cuales incluyeron análisis de metales pesados al cacao; sensoriales y bromatológicos a los chocolates elaborados a partir de los tratamientos con la finalidad de identificar el que presente los mejores perfiles sensoriales.
- **Fuentes secundarias:** La información recopilada en la investigación se obtuvo de fuentes tales como: documentos; normas (Comisión de Códex alimentario (CAC), Organización Mundial de la Salud (OMS), Environmental Safety Institute (AESI) y el reglamento de la Unión Europea); artículos científicos, revistas, informes, repositorios digitales y tesis de pregrado con temas relacionados al estudio de metales pesados en el cacao nacional.

3.5. Diseños de la investigación.

3.5.1. Diseño estadístico 1.

Se planteó un diseño trifactorial $A \times B \times C$, donde el factor A son los tipos de muestras de cacao, factor B localidades y factor C tipos de cacao. Estos se detallan en la tabla 6.

Tabla 6. Factores que intervienen en el estudio del contenido de metales pesados en el cacao de acuerdo a su tipo de muestra, localización y tipos.

<i>Factores de estudio</i>	<i>Simbología</i>	<i>Descripción</i>
Factor A: Tipo de muestra	a_0	Corteza
	a_1	Hojas
	a_2	Grano
Factor B: Localidades	b_0	Buena Fe
	b_1	Guapara
Factor C: Tipos de cacao	c_0	Criollo
	c_1	Trinitario
	c_2	Forastero

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.5.2. Tratamientos para la investigación de metales pesados en cacao.

Se realizó el arreglo trifactorial A*B*C, en el cual, el factor A cuenta con tres niveles, factor B cuenta con dos niveles, mientras que el factor C dispone de tres niveles, dando como resultado 18 tratamientos o combinaciones a los cuales se les realizó 3 repeticiones, obteniendo un total de 54 unidades experimentales, descritas a continuación.

Tabla 7. Combinación de los tratamientos propuestos para el estudio del contenido de metales pesados en el cacao de acuerdo a su muestra, localización y tipos de cacao.

<i>Tratamientos.</i>	<i>Simbología</i>	<i>Descripción</i>
T ₁	a0b0c0	Corteza + Buena Fe + Criollo
T ₂	a0b0c1	Corteza + Buena Fe + Trinitario
T ₃	a0b0c2	Corteza + Buena Fe + Forastero
T ₄	a0b1c0	Corteza + Pangua + Criollo
T ₅	a0b1c1	Corteza + Pangua + Trinitario
T ₆	a0b1c2	Corteza + Pangua + Forastero
T ₇	a1b0c0	Hojas + Buena Fe + Criollo
T ₈	a1b0c1	Hojas + Buena Fe + Trinitario
T ₉	a1b0c2	Hojas + Buena Fe + Forastero
T ₁₀	a1b1c0	Hojas + Pangua + Criollo
T ₁₁	a1b1c1	Hojas + Pangua + Trinitario
T ₁₂	a1b1c2	Hojas + Pangua + Forastero
T ₁₃	a2b0c0	Grano + Buena Fe + Criollo
T ₁₄	a2b0c1	Grano + Buena Fe + Trinitario
T ₁₅	a2b0c2	Grano + Buena Fe + Forastero
T ₁₆	a2b1c0	Grano + Pangua + Criollo
T ₁₇	a2b1c1	Grano + Pangua + Trinitario
T ₁₈	a2b1c2	Grano + Pangua + Forastero

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.5.3. Análisis estadístico 1.

El análisis estadístico de los datos a obtenerse se efectuó utilizando la herramienta estadística Statgraphics, donde se obtuvo el análisis de varianza (ADEVA), que es un método empleado para analizar la variación total de los datos, descomponiéndolas en porciones significativas e independientes, atribuibles a cada una de las fuentes de variabilidad presentes y la variación causal (aleatoria).

Tabla 8. Estructura del Análisis de Varianza (AV) para el diseño trifactorial 1 propuesto.

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>		<i>Cuadrados medios</i>	<i>Razón de varianza</i>
Réplicas	SCR	(r-1)	2	CMR	
Factor A	SCA	(a-1)	2	CMA	CMA/CME
Factor B	SCB	(b-1)	2	CMB	CMB/CME
Factor C	SCC	(c-1)	1	CMC	CMC/CME
INT(AB)	SC(AB)	(a-1)(b-1)	4	CM(AB)	CM(AB)/CME
INT(AC)	SC(AC)	(a-1)(c-1)	2	CM(AC)	CM(AC)/CME
INT(BC)	SC(BC)	(a-1)(c-1)	2	CM(BC)	CM(BC)/CME
Efecto (ABC)	SC(ABC)	(a-1)(b-1)(c-1)	4	CM(ABC)	CM(ABC)/CME
Error experimental	SCE	(ab-1)(r-1)	34	CME	
Total	SCT	(abr-1)	53		

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.5.4. Diseño Estadístico 2.

Para esto se plantea un diseño factorial $A \times B \times C$, con los siguientes niveles; factor A= 2; factor B= 3 y factor C=2, dando como resultado un total de 12 tratamientos que serán sometidos en el estudio planteado, con 3 repeticiones, obteniendo un total de 36 unidades experimentales.

Tabla 9. Factores que intervienen en el estudio de las propiedades bromatológicas en la elaboración de chocolate, de acuerdo a sus localidades, tipos y métodos de fermentación.

<i>Factores de estudio</i>	<i>Simbología</i>	<i>Descripción</i>
Factor A: Localidades	a_0	Buena Fe
	a_1	Pangua
	b_0	Criollo

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.5.5. Tratamientos de la investigación para las propiedades bromatológicas del chocolate.

Tabla 10. Combinación de los tratamientos propuestos para el estudio de las propiedades bromatológicas en la elaboración de chocolate, de acuerdo a sus localidades, tipos y métodos de fermentación.

<i>Tratamientos.</i>	<i>Simbología</i>	<i>Descripción</i>
T ₁	a0b0c0	Buena Fe + Criollo + Cajones en cascada
T ₂	a0b0c1	Buena Fe + Criollo + Sacos de Yute
T ₃	a0b1c0	Buena Fe + Trinitario + Cajones en cascada
T ₄	a0b1c1	Buena Fe + Trinitario + Sacos de Yute
T ₅	a0b2c0	Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada
T ₆	a0b2c1	Buena Fe + Forastero + Sacos de Yute
T ₇	a1b0c0	Pangua + Criollo + Cajones en cascada
T ₈	a1b0c1	Pangua + Criollo + Sacos de Yute
T ₉	a1b1c0	Pangua + Trinitario + Cajones en cascada
T ₁₀	a1b1c1	Pangua + Trinitario + Sacos de Yute
T ₁₁	a1b2c0	Pangua + Forastero + Cajones en cascada
T ₁₂	a1b2c1	Pangua + Forastero + Sacos de Yute

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.5.6. Análisis Estadístico 2.

El análisis estadístico de los datos a obtenerse se efectuó utilizando la herramienta estadística Statgraphics, donde se obtuvo el análisis de varianza (ADEVA), que es un

método empleado para analizar la variación total de los datos, descomponiéndolas en porciones significativas e independientes, atribuibles a cada una de las fuentes de variabilidad presentes y la variación causal(aleatoria).

Tabla 11. Estructura del Análisis de Varianza (AV) para el diseño trifactorial 2 propuesto.

<i>Fuente de variación</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>		<i>Cuadrados medios</i>	<i>Razón de varianza</i>
Réplicas	SCR	(r-1)	2	CMR	
Factor A	SCA	(a-1)	2	CMA	CMA/CME
Factor B	SCB	(b-1)	2	CMB	CMB/CME
Factor C	SCC	(c-1)	1	CMC	CMC/CME
INT(AB)	SC(AB)	(a-1) (b-1)	4	CM(AB)	CM(AB)/CME
INT(AC)	SC(AC)	(a-1) (c-1)	2	CM(AC)	CM(AC)/CME
INT(BC)	SC(BC)	(a-1) (c-1)	2	CM(BC)	CM(BC)/CME
Efecto (ABC)	SC(ABC)	(a-1) (b-1) (c-1)	4	CM(ABC)	CM(ABC)/CME
Error experimental	SCE	(ab-1) (r-1)	34	CME	
Total	SCT	(abr-1)	53		

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.5.7. Mediciones experimentales.

Los análisis que se realizaron fueron los siguientes:

Tabla 12. Metales pesados en el cacao fermentado y seco.

<i>Metales pesados</i>
Cadmio
Arsénico
Plomo

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Tabla 13. Análisis físico-químicos y bromatológicos en el cacao procesado (chocolate).

<i>Análisis físico-químicos</i>
pH
Acidez titulable
Grasa
Energía
Proteína

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Tabla 14. Análisis sensoriales para determinar los perfiles del chocolate.

<i>Categorías sensoriales</i>
Aroma
Acidez
Amargor
Astringencia
Sabor
Calidad

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.6. Instrumentos de investigación.

3.6.1. Metodología para realizar los análisis físico-químicos al cacao fermentado y seco.

Tabla 15. Metodología de los análisis físicos - químicos del cacao fermentado y seco.

Parámetro	Método
Humedad	Estufa

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.6.1.2. Clasificación del grano según las siguientes categorías del índice de fermentación.

- **Fermentación buena:** Resultado de una buena fermentación y secado. Las

almendras son de color café, grietas, quebradizo y la testa se separa fácilmente del cotiledón [66].

- **Fermentación media:** Se presenta cuando el tiempo de fermentación es insuficiente, remoción tardías y bajas temperaturas. Las almendras de color café con violeta, presenta menos grietas, menos quebradizo y aspecto algo compacto [66].
- **Granos violetas:** Resultado de interrupción de la fermentación, secado muy rápido. Las almendras son de color violeta intenso, aspecto compacto o semi compacto [66].
- **Granos pizarra:** Ausencia de fermentación. Las almendras son de color gris negruzco, opaco, son muy compactas, el sabor es muy desagradable y prolongado [66].
- **Granos mohosos:** El desarrollo de los hongos se favorece cuando la testa está rota, el contenido de la humedad de las almendras supera el 7 %. Presenta una coloración blanquecina y en ocasiones verdosa o amarilla [66].
- **Grano infestado:** Son granos atacados por insectos, poca limpieza de las bodegas y almacenamiento por largo tiempo. Las almendras presentan huevos y excrementos de insectos [66].

3.6.1.3. Características del grano de cacao seco.

Tabla 16. Características del grano de cacao fermentado y seco según el grado de fermentación.

Característica del grano fermentado y seco.	Grano bien fermentado	Grano que faltó fermentado	Grano sin fermentar.
Aroma	A chocolate.	A vinagre.	Sin olor.

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.6.2. Análisis sensorial.

3.6.2.1. Instructivo para el análisis sensorial del cacao procesado (chocolate).



**ANÁLISIS SENSORIAL
DE CHOCOLATE
FICHA DE CATACIÓN
INSTRUCTIVO PARA LA FICHA**

Para llenar la ficha:

Aroma	Oler la muestra. Calificar la intensidad, anotar los descriptores y calificar la calidad. Recuerde que la ausencia o poca intensidad no implica menor calidad
Acidez	La relación entre intensidad y calidad varía dependiendo de la percepción y descriptores de los ácidos encontrados durante la degustación de la muestra. Por ejemplo, si percibe una acidez cítrica o frutal, su valoración en calidad puede ser mayor a una percepción de una acidez como la de vinagre (acidez acética)
Amargor y Astringencia	Son características propias del cacao, pero el nivel de intensidad puede influir en la calidad, y frecuentemente hay una relación inversa. Por ejemplo, un amargor de 'Presente' con una intensidad de 2, puede tener una valoración entre Bueno y Excelente en calidad; mientras que una intensidad más alta de amargor (o astringencia) puede reducir la calidad
Sabores	No siempre se encuentra todas las categorías de sabor en una muestra, sólo evalúa lo que percibes. La calidad se basa en una combinación de factores, incluyendo: armonía, claridad, complejidad de los sabores.
Puntos de catador	Apreciación global y subjetivo sobre la muestra
Comentario	Este espacio está reservado para observaciones no mencionadas (por ejemplos: apariencia, textura). También puede ser usados para un
Puntaje final	La suma de todos los puntos de calidad resumen de la evaluación

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Para usar las Escalas

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

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Característico de la muestra	Dominante	Extremo

ESCALA DE CALIDAD

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

T
I
P

Se recomienda un tiempo máximo de 10 minutos para la evaluación de la muestra

3.6.3. Metodología para realizar análisis químicos al mejor tratamiento postcosecha.

Tabla 17. Metodología para la determinación de metales pesados (Cáscara, hojas y almendras de cacao).

Parámetro	Método
Cadmio	Standard Methods 3111B-Cd.
Arsénico	EPA 3005 ^a , EPA 6010B, SM Ed. 23, 2017, 3120B.
Plomo	EPA 3005 ^a , EPA 6010B, SM Ed. 23, 2017, 3120B.
Cenizas	AOAC 923.03

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Tabla 18. Determinación de los análisis químicos y bromatológicos producto final (chocolate).

<i>Parámetro</i>	<i>Método</i>
Proteína	Kjeldahl
Grasa	Soxhlet
Humedad	Estufa
Cenizas	AOAC 923.03
Fibra bruta	NTE INEN 522:2013
Energía	Calorimetría
Acidez	Titulación
pH	Potenciómetro

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.6.6. Manejo del experimento.

3.6.6.1. Metodología para el tratamiento de las muestras en el proceso fermentativo del cacao nacional.

- **Cosecha.**

El proceso comenzó con la identificación de los árboles de los diferentes tipos de cacao nacional (Criollo, Trinitario, Forastero) de los diferentes cantones de estudio (Cantón

Buena Fe y Cantón Pangua), para posteriormente, posteriormente se realizó un corte en el pedúnculo hacia la parte más próxima posible de las mazorcas.

- **Clasificación.**

Es una de las etapas complicadas en la postcosecha de cacao, debido a que se deben obtener mazorcas en óptimas condiciones por lo tanto se procedió a separar las mazorcas que presenten síntomas de enfermedades como moniliasis o que no estén en su estado de madurez organoléptico.

- **Acondicionamiento.**

Las semillas que serán fermentadas en cajones se vierten en cajas con dimensiones de 1x1x1 lo que equivale a fermentar 6 quintales de cacao seco. En el caso de las semillas que se fermentan en sacos, estas son llenadas y luego se serradas, quedando en el suelo o pudiendo ser colgadas.

- **Volteado.**

En el caso de la fermentación en cajas, el volteo de las semillas se realiza cada día a medida que se eleva la temperatura de las semillas, se obtienen mejores resultados al fermentar por un periodo de 5 días en cajas de madera. En el caso de la fermentación en sacos se deja sin ser volteada.

- **Verificación.**

Después del quinto día es conveniente revisar cómo ha ocurrido la fermentación, lo cual se hace tomando una muestra de 10 granos que se deben partir longitudinalmente para observar su interior. En ellos ahora se observan cambios en la coloración y textura del grano, los cuales adquieren forma arriñonada (hinchada) y el embrión de la semilla se observa muerto. Además, debe haber un cambio notorio en los líquidos del interior; ya que ahora son de color rojizo, parecido al vino o la sangre. Si de los 10 granos, ocho presentan

esta condición y la temperatura de los granos ha comenzado a bajar, se puede dar por concluido el proceso de la fermentación y pasar al secado.

3.6.6.1. Descripción del proceso de elaboración de chocolate.

A continuación se muestran las diferentes etapas para elaborar chocolate;

- **Recepción de la materia prima:** Seleccionan los mejores granos de cacao, que no presenten objetos o sustancias extrañas y tengan una buena apariencia [67].
- **Tostado:** Los granos de cacao son previamente despojados de impurezas, se tostan a una temperatura aproximada de 130 °C durante 15 – 20 minutos [67].
- **Molienda:** Se muele los granos para eliminar la cáscara, la presión y la fricción producen una mezcla líquida pero espesa que es la pasta de cacao [67].
- **Alcalinización:** la pasta de cacao se somete a un prensado con el fin de extraer la manteca de cacao, esto favorece a eliminación de la acidez y la amargura del cacao [67].
- **Mezcla:** En una amasadora se mezclan y se amasan los ingredientes: pasta de cacao, manteca de cacao y azúcar, después se obtiene una pasta homogénea, que se prepara para pasar nuevamente por el molino [67].
- **Molido fino:** En la refinadora utilizando altas presiones por los rodillos, se reduce el tamaño de todas las partículas sólidas hasta un tamaño de 25 micras [67].
- **Conchado:** En las máquinas llamadas conchas se calienta la masa de chocolate a una temperatura de 80 °C, donde es agitado y amasado, durante este proceso se evapora la humedad y se eliminan ácidos volátiles. Por un período entre uno a dos días la masa de chocolate se refina en las conchas a una temperatura de 50 – 60 °C [67].

- **Templado:** En esta etapa se obtiene la cristalización de la manteca de cacao, reduciendo la temperatura y manteniéndola estable a 35 °C en la cual está listo para ser moldeado [67].
- **Moldeado y envasado:** Se vierte la masa líquida de cacao en los moldes, y son puestos a baja temperatura, donde el chocolate se endurece en la forma deseada, posterior a ello se envasa quedando listo para su consumo. [67].

3.7. Tratamiento de los datos.

- La recopilación de la información bibliográfica de la investigación fue obtenida de libros físicos y digitales, artículos científicos, norma ecuatoriana (INEN), FAO, CODEX y normativas según países internacionales que regulan metales pesados.
- Para el análisis de varianza del 95 % ($p < 0,05$) se empleó el programa estadístico STATGRAPHICS el cual permitió encontrar diferencias significativas entre las medias de los tratamientos, aplicar pruebas de significación en el programa estadístico INFOSTAT y obtener gráficas estadísticas mediante el uso de Software como STATISTICA INTERPRISE 10 e IBM SPSS 25. Así como también para las tabulaciones de las fichas sensoriales aplicadas al producto terminado.

3.8. Materiales y equipos.

Tabla 19. Materiales e instrumentos en la fermentación del cacao nacional.

<i>Materiales</i>	Instrumentos de laboratorio
Cajones de madera en cascada	Balanza
Sacos de yute	Termómetro

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Tabla 20. Materiales, equipos y reactivos utilizados en los análisis físico-químicos.

<i>Reactivo</i>	<i>Material de laboratorio</i>	<i>Equipo</i>
Agua destilada	Probeta de 100 mL	Procesador de alimentos
Buffer de fosfato	Piseta	Soporte Universal
Hidróxido de sodio 0,1N	Vaso de precipitación	Calorímetro
Indicador (Fenolftaleína)	Papel filtro	Balanza analítica
Agua destilada	Matraz Erlenmeyer de 250 mL	Potenciómetro
Ácido bórico	Pipeta	Agitador magnético
Ácido Sulfúrico	Caja Petri de vidrio.	Estufa de secado
Éter de petróleo.	Mortero.	“Memmert Guillotina”

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Tabla 21. Materia prima, insumos, materiales y equipos utilizados en la investigación

<i>Materia prima</i>	<i>Insumos</i>	<i>Materiales</i>	<i>Equipos</i>
- Almendras de cacao	Cacao nacional fino y de aroma.	Espátula barredora (silicón) cerrado.	Balanza analítica.
	Sacarasa	Espátulas (silicón)	Tostador de convección con circulación de aire caliente.
	Lecitina	limpiadoras.	
	Licor de cacao	Jarras graduadas	
		Moldes de policarbonato	Molino tipo corona
			Molino de bolas
			Molino refinador
			Conchadora.
-			Termómetro digital.

Tabla 22. Materiales de oficina utilizados de la investigación.

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

3.9. Recursos humanos.

Tabla 23. Recursos humanos utilizados en la investigación.

<i>Recursos humanos</i>	<i>Nº Personas</i>
Director de proyecto de investigación	1
Redacción técnica	2
Catadores (jueces para seleccionar el mejor tratamiento)	6
Ayudante de laboratorio	3
Miembros de tribunal	3

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

CAPITULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Respecto a los resultados del estudio de metales pesados en cacao nacional (*Teobroma cacao L.*), de acuerdo a tipos de muestra, localidades y tipos de cacao.

4.1.1.1. Análisis de varianza para resultados de metales pesados en cacao nacional.

Tabla 24. Análisis de la varianza el contenido de cadmio en muestras de cacao nacional.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tipo muestra	0,460548	2	0,230274	138,66	0,0000
Localidades	5,90703	1	5,90703	3557,00	0,0000
Tipos de cacao	0,319659	2	0,15983	96,24	0,0000
Replicas	0,000403	2	0,000201852	0,12	0,8859
INTERACCIONES					
AB	0,547659	2	0,27383	164,89	0,0000
AC	0,320119	4	0,0800296	48,19	0,0000
BC	0,356104	2	0,178052	107,22	0,0000
ABC	0,297007	4	0,0742519	44,71	0,0000
RESIDUOS	0,056463	34	0,00166068		
TOTAL (CORREGIDO)	8,26499	53			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza referente a variable cadmio presente en cacao mostrados en la (Tabla 24), se observó que en los tipos de muestra (Factor A), localidades (Factor B), tipos de cacao (Factor C) Interacción (AB, AC, BC y ABC) se pudo determinar diferencia significativa entre los niveles de dichos factores e interacciones, mientras que en las repeticiones no se observó diferencia significativa.

Tabla 25. Análisis de la varianza el contenido de plomo en muestras de cacao nacional.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tipo muestra	0,08333	2	0,0416667	0,09	0,9123
Localidades	58,0741	1	58,0741	128,31	0,0000
Tipos de cacao	0,33333	2	0,166667	0,37	0,6947
Replicas	2,11111	2	1,05556	2,33	0,1124
INTERACCIONES					
AB	2,00926	2	1,00463	2,22	0,1242
AC	1,33333	4	0,333333	0,74	0,5736
BC	0,48148	2	0,240741	0,53	0,5923
ABC	2,18519	4	0,546296	1,21	0,3258
RESIDUOS	15,3889	34	0,452614		
TOTAL	82,0	53			
(CORREGIDO)					

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza referente a variable plomo presente en cacao mostrados en la (Tabla 25), se observó que en (Factor B) se pudo determinar diferencia significativa entre los niveles de las localidades en estudio, mientras que en tipos de muestra (Factor A), tipos de cacao (Factor C), Interacción (AB, AC, BC y ABC) y en las repeticiones no se observó ningún valor con diferencia significativa.

Tabla 26. Análisis de la varianza el contenido de arsénico en muestras de cacao nacional.

<i>Fuente de Variación</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>GL</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Tipo muestra	3,71593	2	1,85796	31,59	0,0000
Localidades	60,8017	1	60,8017	1033,82	0,0000
Tipos de cacao	7,53593	2	3,76796	64,07	0,0000
Replicas	0,32703	2	0,163519	2,78	0,0761
INTERACCIONES					
AB	6,92333	2	3,46167	58,86	0,0000
AC	0,63740	4	0,159352	2,71	0,0463
BC	4,71	2	2,355	40,04	0,0000
ABC	0,39666	4	0,099166	1,69	0,1759
RESIDUOS	1,99963	34	0,058812		
TOTAL (CORREGIDO)	87,0476	53			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza referente a variable arsénico presente en muestras de cacao representados en la (Tabla 26), se observó que en tipos de muestra (Factor A), localidades (Factor B), tipos de cacao (Factor C); interacciones (AB, AC y BC) se pudo determinar diferencia significativa entre los niveles de los factores e interacciones en estudio, mientras que en interacción ABC y en las repeticiones no se observó diferencia significativa.

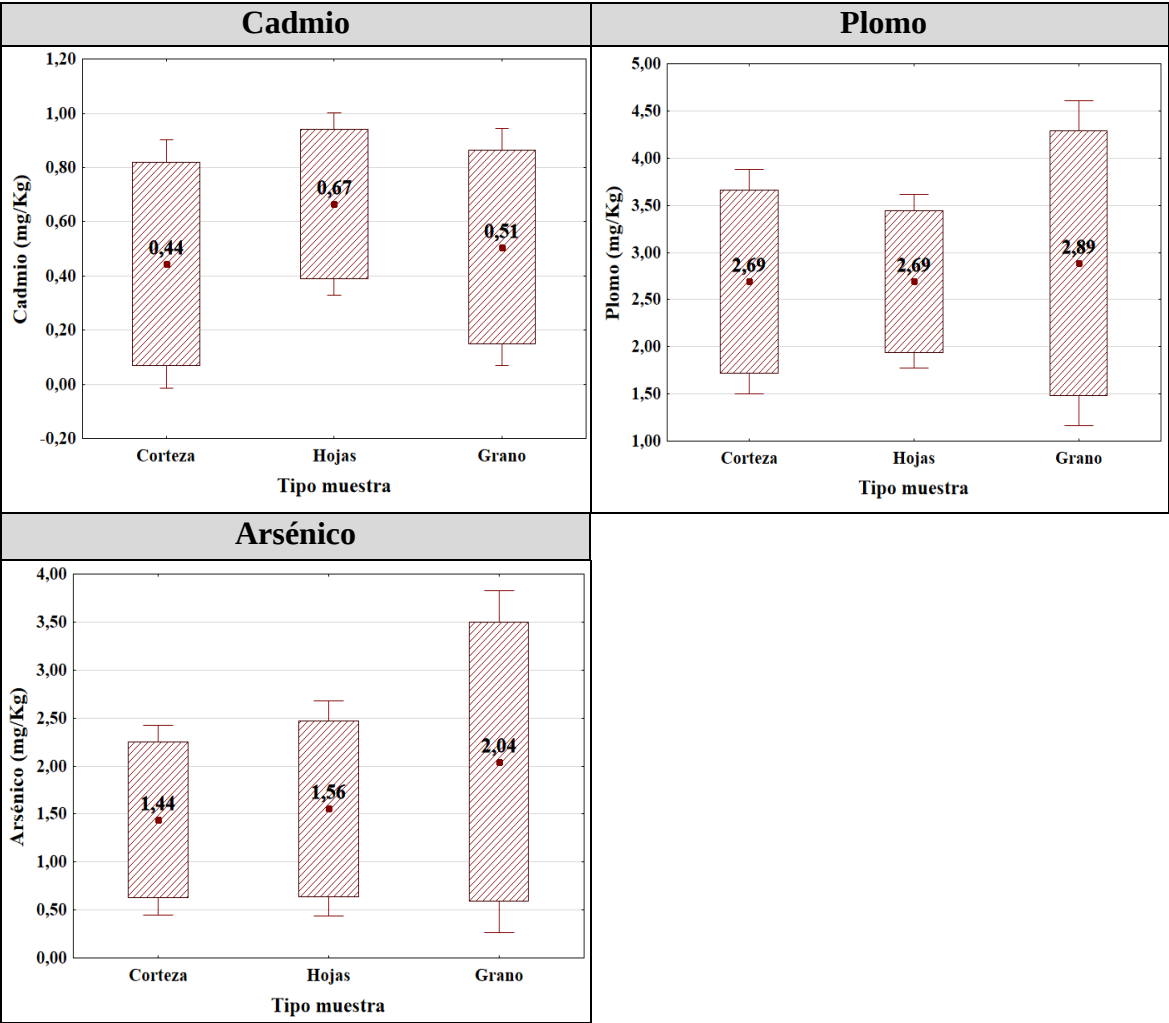
4.1.1.2. Pruebas de significación (Tukey $p<0,05$) para resultados de análisis de metales pesados en tipos de muestras de cacao nacional (Factor A).

Tabla 27. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados en tipos de muestras (Factor A).

Tipos de muestra	Cadmio	Plomo	Arsénico
A0: Corteza	0,45 A	2,69 A	1,44 A
A1: Hojas	0,67 A	2,69 A	1,56 A
A2: Grano	0,51 A	2,89 A	2,04 A

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Figura 1. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados presentes en cacao nacional (Factor A: Tipos de muestra).



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 1** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas correspondientes a los análisis de metales pesados presentes en cacao nacional para el factor A (tipos de muestra).

Para lo cual no se encontró diferencia significativa en la presencia de cadmio en los diferentes tipos de muestras de cacao nacional, donde se obtuvieron resultados estadísticamente similares siendo las muestras de **a2: Grano** el valor más alto de cadmio (0,551 mg/Kg), mientras que el menor contenido de cadmio fue dado por las muestras de **a0: Corteza** (0,45 mg/Kg) ambos correspondientes al grupo A.

Con respecto a los resultados de metales pesados correspondiente al plomo no se encontró diferencia significativa estableciéndose resultados estadísticamente similares, siendo el contenido más elevado para el grupo A (**a2: Grano** 2,89 mg/Kg), Así mismo se observó el menor contenido en el grupo A (**a0: Corteza** y **a1: Hojas** 2,69 mg/Kg correspondientemente).

En cuanto a los resultados de arsénico presente en muestras de cacao, no se notó diferencia significativa, existiendo en el grupo A valores estadísticamente similares (**a2: Grano** 2,04 mg/Kg), Así mismo en (**a0: Corteza** 1,44 mg/Kg).

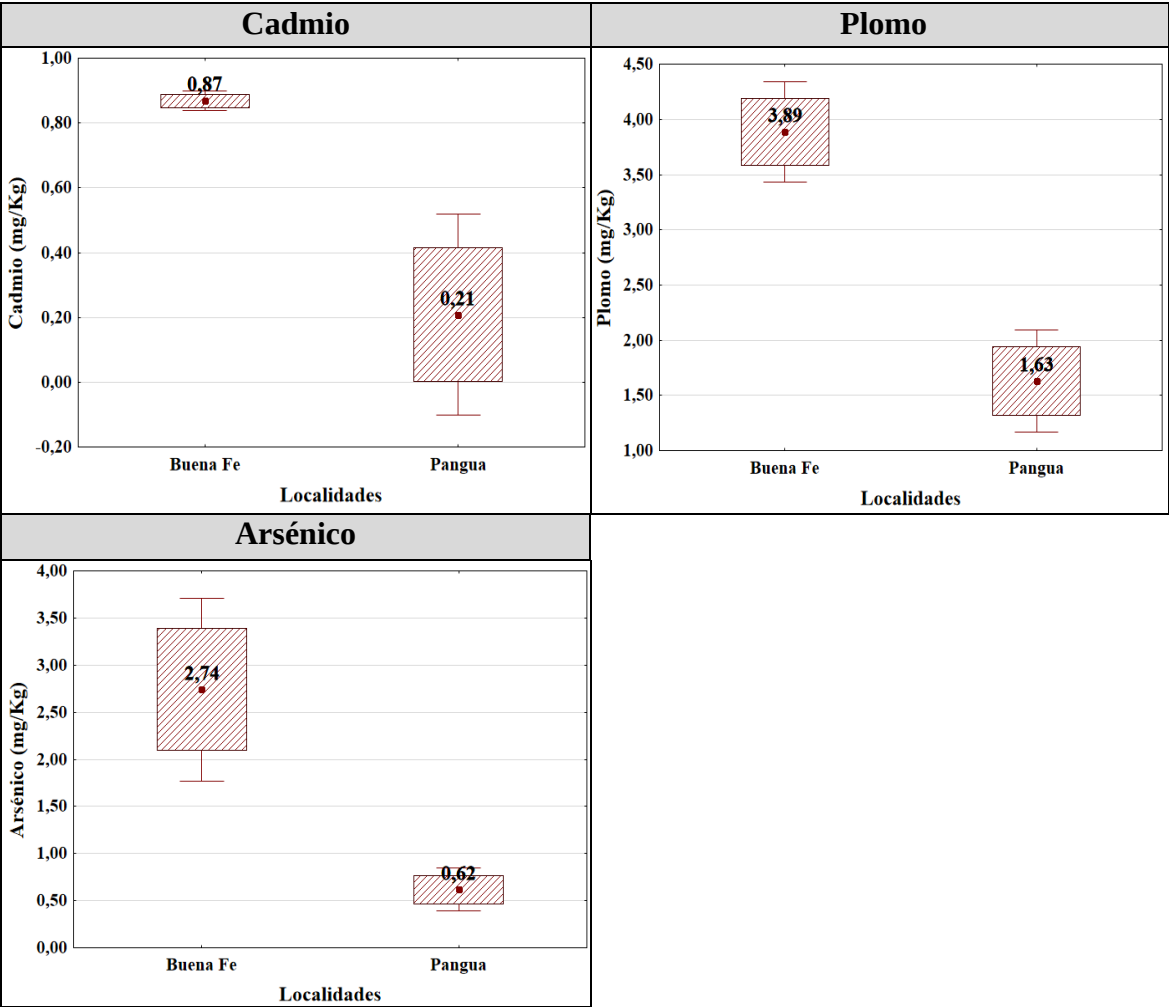
4.1.1.3. Pruebas de significación (Tukey $p<0,05$) para resultados de análisis de metales pesados en localidades de estudio (Factor B).

Tabla 28. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados en localidades de estudio (Factor B).

Localidades	Cadmio	Plomo	Arsénico
B0: Buena Fe	0,87 ^B	3,89 ^B	2,74 ^B
B1: Pangua	0,21 ^A	1,63 ^A	0,62 ^A

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Figura 2. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados presente en cacao nacional (Factor B: Localidades).



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 2** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas correspondientes a los análisis de metales pesados presentes en cacao nacional para el factor B (Localidades).

Para lo cual se encontró diferencia significativa en la presencia de cadmio en las diferentes localidades de estudio de cacao nacional, donde se obtuvo un mayor valor en el grupo B (**b0**: Cantón Buena Fe 0,87 mg/Kg), mientras que el valor más bajo de cadmio se presentó en el grupo A (**b1**: Cantón Pangua 0,21 mg/Kg), siendo este último un valor más aceptable en la presencia de cadmio en cacao regulada por varias entidades internacionales.

Con respecto a los resultados de metales pesados correspondiente al plomo, se percibió diferencia significativa estableciéndose el valor más alto en el grupo B (**b0**: Cantón Buena Fe 3,89 mg/Kg), mientras que en grupo A (**b1**: Cantón Pangua 1,63 mg/Kg) se encontró el valor más bajo de plomo, por consiguiente, es el cantón con el contenido permitido por entes reguladores de metales pesados en cacao nacional de exportación.

En cuanto a los resultados de arsénico de las localidades de estudio, se notó diferencia significativa, en donde se registra el valor más alto en el grupo B (**b0**: Cantón Buena Fe 2,74 mg/Kg), mientras que el valor más bajo de arsénico se encuentra en el grupo A (**b1**: Cantón Pangua 0,62 mg/Kg), siendo esta la localidad que cumple con los niveles establecidos de arsénico en diferentes países que importan cacao nacional.

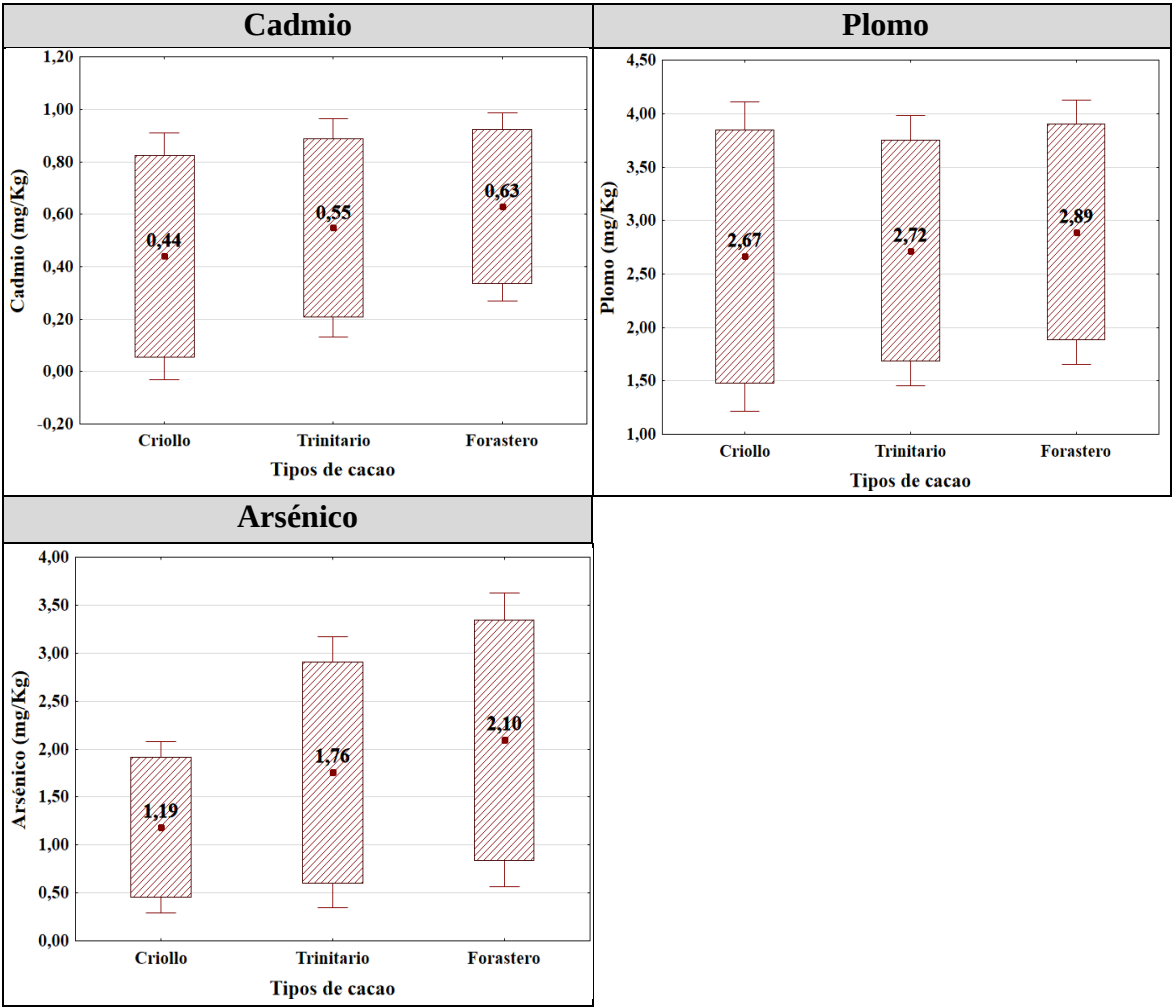
4.1.1.4. Pruebas de significación (Tukey $p<0,05$) para resultados de análisis de metales pesados en tipos de cacao (Factor C).

Tabla 29. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados en tipos de cacao (Factor C).

Localidades	Cadmio	Plomo	Arsénico
C0: Criollo	0,44 ^A	2,67 ^A	1,19 ^A
C1: Trinitario	0,55 ^A	2,72 ^A	1,76 ^A
C2: Forastero	0,63 ^A	2,89 ^A	2,09 ^A

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Figura 3. Prueba de significación de Tukey para resultados de metales pesados presente en cacao nacional (Factor C: Tipos de cacao).



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 3** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas correspondientes a los análisis de metales pesados presentes en cacao nacional para el factor C (tipos de cacao).

Para lo cual no se obtuvo diferencia significativa en la presencia de cadmio en los diferentes tipos de cacao nacional, donde se obtuvieron resultados estadísticamente similares, existiendo un solo grupo independiente, grupo A (**c2**: Forastero 0,63 mg/Kg; **c0**: Criollo 0,44 mg/Kg) siendo estos valores muy cercanos y que no infieren en la diferencia de contenido de cadmio entre tipos de cacao.

Con respecto a los resultados de plomo presente en cacao nacional, no se encontró diferencia significativa estableciéndose resultados estadísticamente similares, siendo el contenido más elevado para el grupo A (**c2**: Forastero 2,89 mg/Kg), Así mismo se observó el menor contenido en el grupo A (**c0**: Criollo 2,67 mg/Kg).

En cuanto a los resultados de arsénico presente en los diferentes tipos de cacao nacional, no se percibió diferencia significativa, existiendo solamente el grupo A con valores estadísticamente similares (**c2**: Forastero 2,09 mg/Kg), Así mismo en (**a0**: Criollo 1,19 mg/Kg).

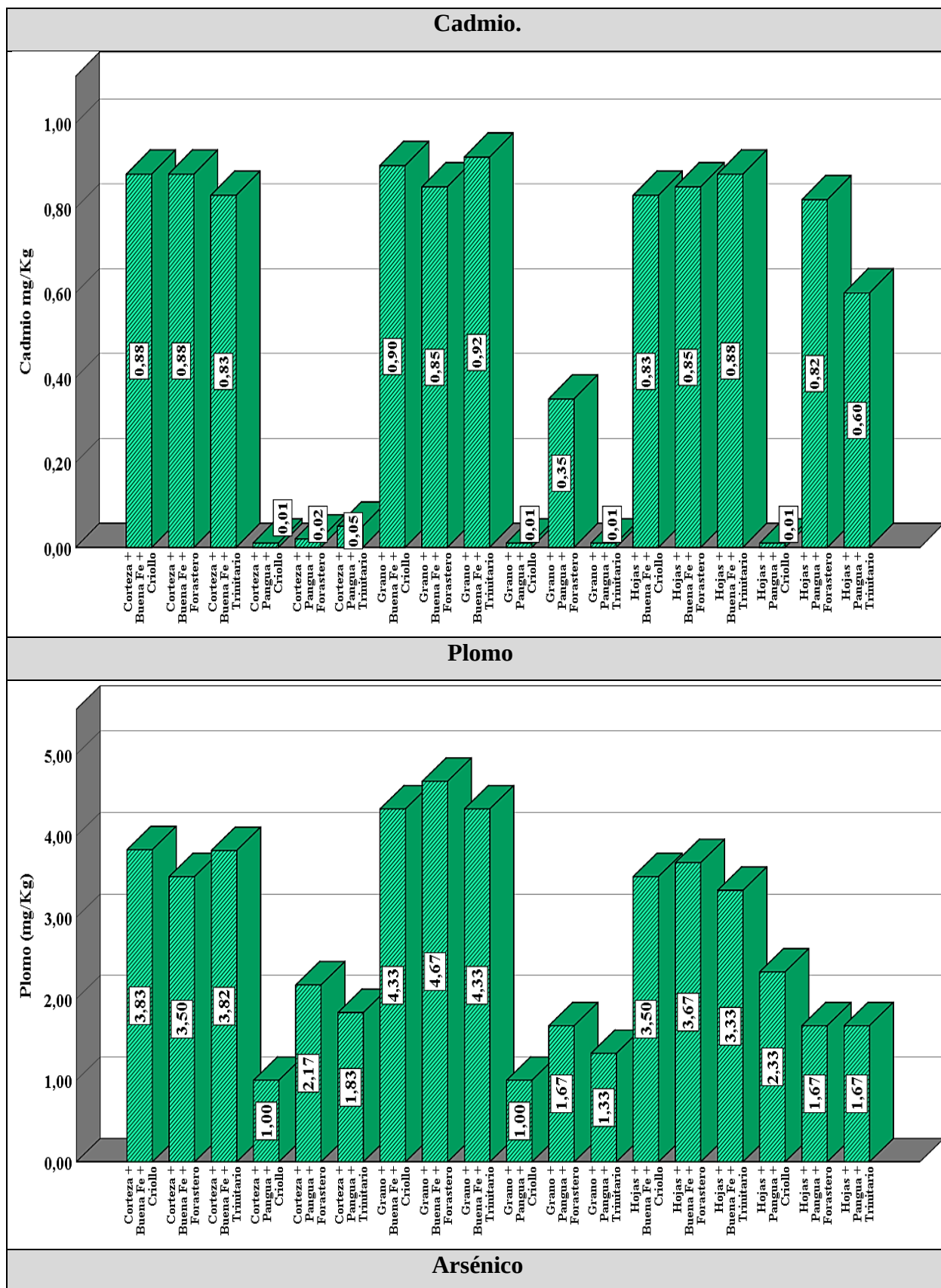
4.1.1.5. Prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) para resultados de análisis de metales pesados en cacao nacional, tipos de muestra * localidades * tipos de cacao (Interacción ABC).

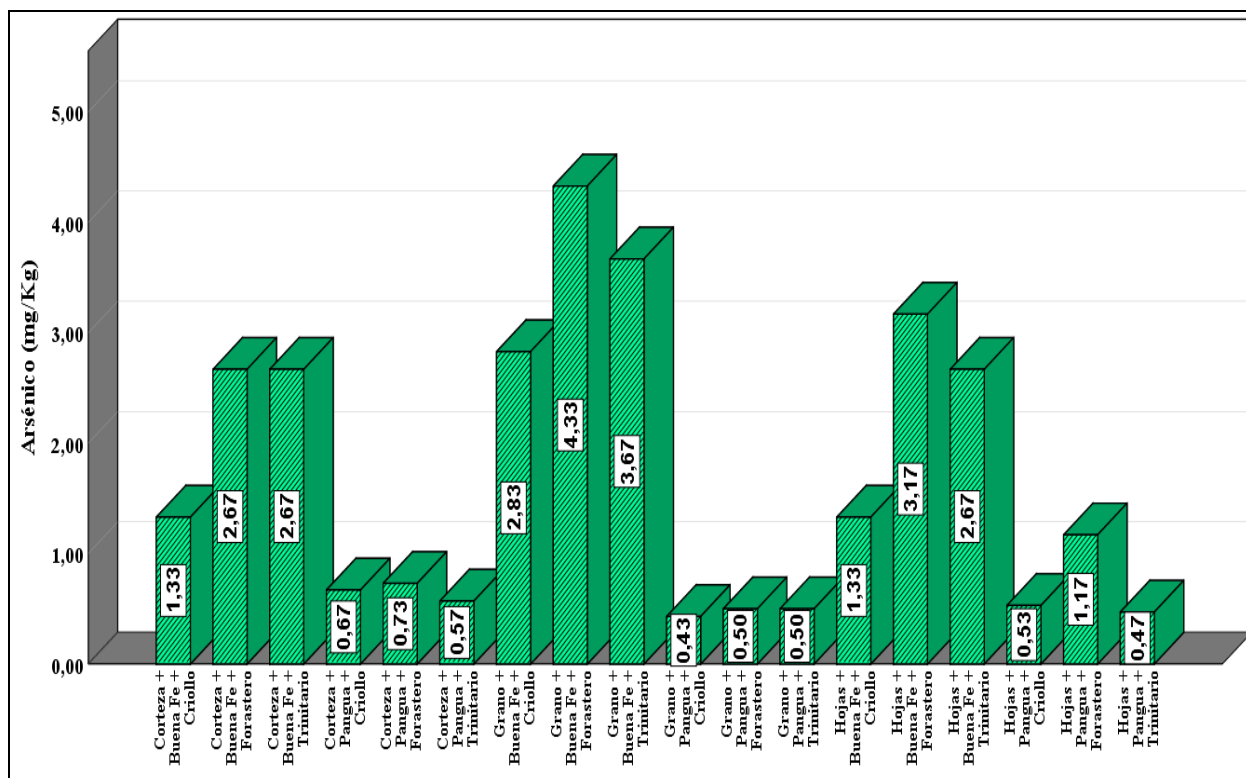
Tabla 30. Prueba de significación de Tukey para resultados en mg/Kg de metales pesados en cacao nacional (Interacción ABC).

Interacciones	Cadmio	Plomo	Arsénico
Corteza + Buena Fe + Criollo	0,60 ^Λ	4,03 ^Λ	1,98 ^Λ
Corteza + Buena Fe + Trinitario	0,76 ^Λ	3,78 ^Λ	2,66 ^Λ
Corteza + Buena Fe + Forastero	0,98 ^Λ	3,67 ^Λ	2,86 ^Λ
Corteza + Pangua + Criollo	0,10 ^Λ	1,18 ^Λ	-0,08 ^Λ
Corteza + Pangua + Trinitario	0,15 ^Λ	1,54 ^Λ	0,37 ^Λ
Corteza + Pangua + Forastero	0,10 ^Λ	1,98 ^Λ	0,84 ^Λ
Hojas + Buena Fe + Criollo	1,02 ^Λ	3,42 ^Λ	2,11 ^Λ
Hojas + Buena Fe + Trinitario	0,96 ^Λ	3,83 ^Λ	2,78 ^Λ
Hojas + Buena Fe + Forastero	1,01 ^Λ	4,22 ^Λ	2,96 ^Λ
Hojas + Pangua + Criollo	0,12 ^Λ	1,79 ^Λ	0,02 ^Λ
Hojas + Pangua + Trinitario	0,39 ^Λ	1,48 ^Λ	0,49 ^Λ
Hojas + Pangua + Forastero	0,50 ^Λ	1,43 ^Λ	0,98 ^Λ
Grano + Buena Fe + Criollo	0,70 ^Λ	3,94 ^Λ	2,66 ^Λ
Grano + Buena Fe + Trinitario	0,92 ^Λ	3,94 ^Λ	3,01 ^Λ
Grano + Buena Fe + Forastero	0,89 ^Λ	4,17 ^Λ	3,64 ^Λ
Grano + Pangua + Criollo	0,12 ^Λ	1,65 ^Λ	0,44 ^Λ
Grano + Pangua + Trinitario	0,11 ^Λ	1,76 ^Λ	1,23 ^Λ
Grano + Pangua + Forastero	0,30 ^Λ	1,87 ^Λ	1,28 ^Λ

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Figura 4. Prueba de significación de Tukey para resultados de metales pesados en cacao nacional (Interacción ABC).





Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 4** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas correspondientes a los análisis de metales pesados presentes en cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) para la interacción ABC (tipos de muestra* localidades* tipo de cacao).

Para lo cual no se apreció diferencia significativa en el contenido de cadmio en las interacciones de muestras de cacao nacional, existiendo solamente el grupo independiente A, en el que existe un valor más alto (**a1b0c0**: Hojas + Cantón Buena Fe + Cacao criollo 1,02 mg/Kg cadmio) y un valor bajo en las interacciones (**a0b1c0**: Corteza + Cantón Pangua + Cacao criollo; **a0b1c2**: Corteza + Cantón Pangua + Cacao forastero 0,10 mg/Kg cadmio) siendo resultados estadísticamente similares y que sus interacciones no generan inferencia en el contenido de cadmio en cacao nacional.

En cuanto al resultado de presencia de plomo en muestras de cacao, no se observó diferencia significativa, existiendo un grupo independiente A, cuyo valor más alto se encuentra en la interacción (**a1b0c2**: Hojas + Cantón Buena Fe + Cacao forastero 4,22 mg/Kg) y el valor menor se encontró en la interacción (**a0b1c0**: Corteza + Cantón Pangua

+ Cacao criollo 1,18 mg/Kg) siendo valores estadísticamente similares y la interacción no cumple con los rangos establecidos de contenido máximo permitido por países que importan cacao nacional.

Con respecto a resultados del contenido de arsénico en cacao nacional, no se percibió diferencia significativa, estableciéndose un grupo independiente A, donde se encuentra el valor más significativo en la interacción (**a2b0c2**: Grano + Cantón Buena Fe + Cacao forastero 3,64 mg/Kg) y el valor menos significativo en la interacción (**a1b1c0**: Hojas + Cantón Pangua + Cacao criollo 0,02 mg/Kg), dichos valores del grupo A son estadísticamente similares y no infieren en resultados de arsénico en cacao nacional.

4.1.2. Respecto a los resultados del estudio de las propiedades bromatológicas de la elaboración de chocolate, de acuerdo a sus localidades, tipos y métodos de fermentación.

4.1.2.1. Análisis de varianza de resultados de análisis bromatológicos del chocolate.

Tabla 31. Análisis de la varianza para la variable pH.

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Localidades	0,110003	1	0,110003	5,36	0,0304
B: Tipos de Cacao	0,429017	2	0,214508	10,45	0,0006
C: Método de Fermentación	0,061669	1	0,0616694	3,00	0,0971
Réplica	0,047816	2	0,0239083	1,16	0,3307
INTERACCIONES					
AB	0,164106	2	0,0820528	4,00	0,0331
AC	0,007802	1	0,00780278	0,38	0,5439
BC	0,175339	2	0,0876694	4,27	0,0271
ABC	0,179939	2	0,0899694	4,38	0,0250
RESIDUOS	0,451783	22	0,0205356		
TOTAL (CORREGIDO)	1,627470	35			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable pH mostrados en la (Tabla 31), se percibió que en las localidades de estudio (Factor A), Tipos de cacao (Factor B), interacciones (AB, BC y ABC) se pudo determinar diferencia significativa entre los diferentes niveles de dichos factores e interacciones, mientras que los métodos de fermentación (Factor C), interacción (AC) y en las repeticiones no se observó diferencia significativa.

Tabla 32. Análisis de la varianza para la variable Acidez.

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Localidades	12,7532	1	12,7532	20282247,50	0,0000
B: Tipos de Cacao	37,3995	2	18,6998	29739361,90	0,0000
C: Método de Fermentación	1,53471	1	1,53471	2440740,48	0,0000
Réplica	0,0000035	2	0,00000175	2,78	0,0837
INTERACCIONES					
AB	2,51339	2	1,2567	1998602,24	0,0000
AC	0,857785	1	0,857785	1364187,71	0,0000
BC	16,8513	2	8,42566	13399849,66	0,0000
ABC	4,9967	2	2,49835	3973278,77	0,0000
RESIDUOS	0,00001383	22	6,28788E-7		
TOTAL (CORREGIDO)	76,9067	35			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable Acidez mostrados en la (Tabla 32), se observó que en las localidades (Factor A), Tipos de cacao (Factor B), métodos de fermentación (Factor C) Interacción (AB, AC, BC y ABC) se pudo determinar diferencia significativa entre los niveles de dichos factores e interacciones, mientras que en las repeticiones no se encontró diferencia significativa.

Tabla 33. Análisis de la varianza para la variable Grasa.

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Localidades	54,0715	1	54,0715	61441,37	0,0000
B: Tipos de Cacao	590,908	2	295,454	335723,63	0,0000
C: Método de Fermentación	278,779	1	278,779	316775,77	0,0000
Réplica	0,00137222	2	0,000686111	0,78	0,4708
INTERACCIONES					
AB	645,386	2	322,693	366675,70	0,0000
AC	779,713	1	779,713	885986,13	0,0000
BC	930,219	2	465,11	528503,25	0,0000
ABC	547,526	2	273,763	311076,43	0,0000
RESIDUOS	0,0193611	22	0,000880051		
TOTAL (CORREGIDO)	3826,62	35			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable grasa mostrados en la (Tabla 33), se notó que en las localidades (Factor A), Tipos de cacao (Factor B), métodos de fermentación (Factor C) Interacciones (AB, AC, BC y ABC) se determinó diferencia significativa entre los niveles, mientras que en repeticiones no se observó diferencia.

Tabla 34. Análisis de la varianza para la variable Energía.

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Localidades	1590,68	1	1590,68	48084686,86	0,0000
B: Tipos de Cacao	19101,0	2	9550,5	288702125,9	0,0000
C: Método de Fermentación	1142,21	1	1142,21	34528016,6	0,0000
Réplica	0,000205	2	0,0001027	3,11	0,0648
INTERACCIONES					
AB	1264,44	2	632,219	19111341,2	0,0000
AC	25659,8	1	25659,8	775669337,7	0,0000
BC	23637,1	2	11818,5	357262394,2	0,0000
ABC	819,916	2	409,958	12392622,2	0,0000
RESIDUOS	0,0007277	22	0,0000330		
TOTAL (CORREGIDO)	73215,1	35			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable energía mostrados en la (Tabla 34), se percibió que en las localidades (Factor A), Tipos de cacao (Factor B), métodos de fermentación (Factor C) Interacción (AB, AC, BC y ABC) se pudo determinar diferencia significativa entre los niveles de dichos factores e interacciones, mientras que en las repeticiones no se observó diferencia significativa.

Tabla 35. Análisis de la varianza para la variable Proteína.

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Localidades	49,0467	1	49,0467	1387320,31	0,0000
B: Tipos de Cacao	1,64509	2	0,822544	23266,26	0,0000
C: Método de Fermentación	0,816011	1	0,816011	23081,46	0,0000
Réplica	0,0002888	2	0,000144	1,09	0,0310
INTERACCIONES					
AB	0,805489	2	0,402744	11391,91	0,0000
AC	1,69868	1	1,69868	48048,31	0,0000
BC	1,42416	2	0,712078	20141,63	0,0000
ABC	5,02889	2	2,51444	71122,86	0,0000
RESIDUOS	0,000777	22	0,0000353		
TOTAL (CORREGIDO)	60,4661	35			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable proteína mostrados en la (Tabla 35), se observó que en las localidades (Factor A), Tipos de cacao (Factor B), métodos de fermentación (Factor C) Interacción (AB, AC, BC y ABC) se pudo determinar diferencia significativa entre los niveles de dichos factores e interacciones, mientras que en las repeticiones no se observó diferencia significativa.

Tabla 36. Análisis de la varianza para la variable Humedad.

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Localidades	12,2267	1	12,2267	273546,01	0,0000
B: Tipos de Cacao	0,921517	2	0,460758	10308,49	0,0000
C: Método de Fermentación	2,0164	1	2,0164	45112,68	0,0000
Réplica	0,0002166	2	0,0001083	2,42	0,1119
INTERACCIONES					
AB	6,70891	2	3,35445	75048,77	0,0000
AC	0,380278	1	0,380278	8507,91	0,0000
BC	0,0397167	2	0,0198583	444,29	0,0000
ABC	1,38171	2	0,690853	15456,37	0,0000
RESIDUOS	0,0009833	22	0,0000446		
TOTAL (CORREGIDO)	23,6764	35			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable humedad mostrados en la (Tabla 36), se observó que en las localidades (Factor A), Tipos de cacao (Factor B), métodos de fermentación (Factor C) Interacción (AB, AC, BC y ABC) se pudo determinar diferencia significativa entre los niveles de dichos factores e interacciones, mientras que en las repeticiones no se percibió diferencia significativa.

Tabla 37. Análisis de la varianza para la variable Ceniza.

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Localidades	0,196544	1	0,196544	4660,57	0,0000
B: Tipos de Cacao	0,154439	2	0,0772194	1831,07	0,0000
C: Método de Fermentación	0,00217778	1	0,00217778	51,64	0,0000
Réplica	0,0001388	2	0,00006944	1,65	0,2156
INTERACCIONES					
AB	0,0950722	2	0,0475361	1127,20	0,0000
AC	0,00284444	1	0,00284444	67,45	0,0000
BC	0,0107389	2	0,00536944	127,32	0,0000
ABC	0,0101722	2	0,00508611	120,60	0,0000
RESIDUOS	0,0009277	22	0,00004217		
TOTAL (CORREGIDO)	0,473056	35			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable ceniza mostrados en la (Tabla 37), se notó que en las localidades (Factor A), Tipos de cacao (Factor B), métodos de fermentación (Factor C) Interacción (AB, AC, BC y ABC) se pudo determinar diferencia significativa entre los niveles de dichos factores e interacciones, mientras que en las repeticiones no se encontró diferencia significativa.

Tabla 38. Análisis de la varianza para la variable Fibra.

<i>FV</i>	<i>SC</i>	<i>GL</i>	<i>CM</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Localidades	0,00321111	1	0,00321111	552,87	0,0000
B: Tipos de Cacao	0,00160556	2	0,00080277	138,22	0,0000
C: Método de Fermentación	0,00321111	1	0,00321111	552,87	0,0000
Réplica	0,00000555	2	0,00000277	0,48	0,6262
INTERACCIONES					
AB	0,00160556	2	0,00080277	138,22	0,0000
AC	0,00321111	1	0,00321111	552,87	0,0000
BC	0,00160556	2	0,00080277	138,22	0,0000
ABC	0,00160556	2	0,00080277	138,22	0,0000
RESIDUOS	0,00012777	22	0,00000580		
TOTAL (CORREGIDO)	0,0161889	35			

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

En cuanto a los resultados obtenidos del análisis de varianza de la variable fibra mostrados en la (Tabla 38), se notó que en las localidades (Factor A), Tipos de cacao (Factor B), métodos de fermentación (Factor C) Interacción (AB, AC, BC y ABC) se pudo determinar diferencia significativa entre los niveles de dichos factores e interacciones, mientras que en las repeticiones no se encontró diferencia significativa.

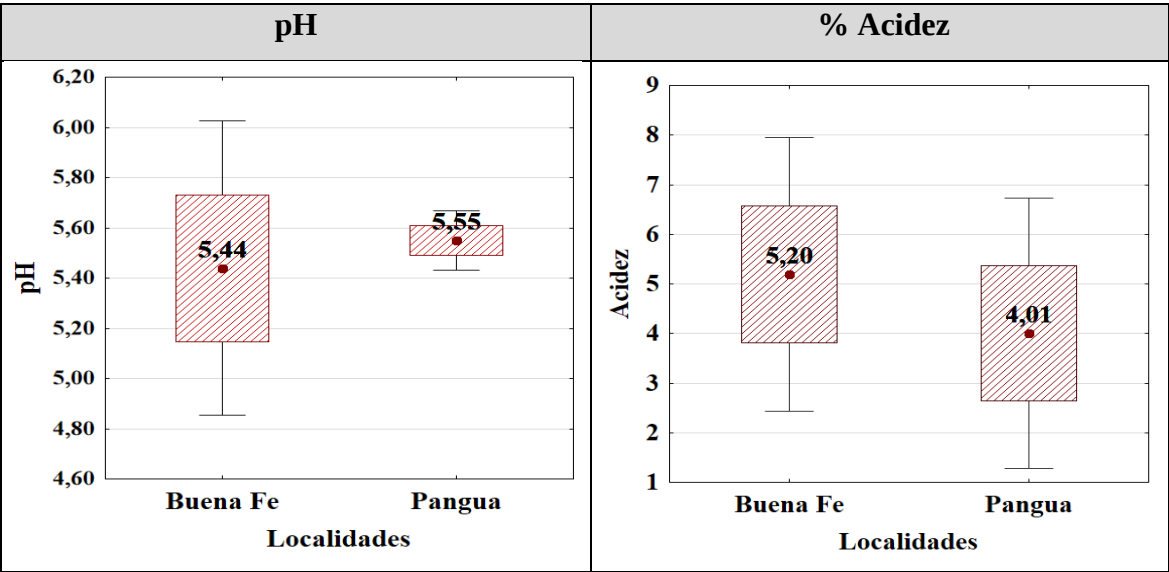
4.1.2.2. Pruebas de significación (Tukey $p<0,05$) para resultados de análisis bromatológicos localidades de estudio (Factor A).

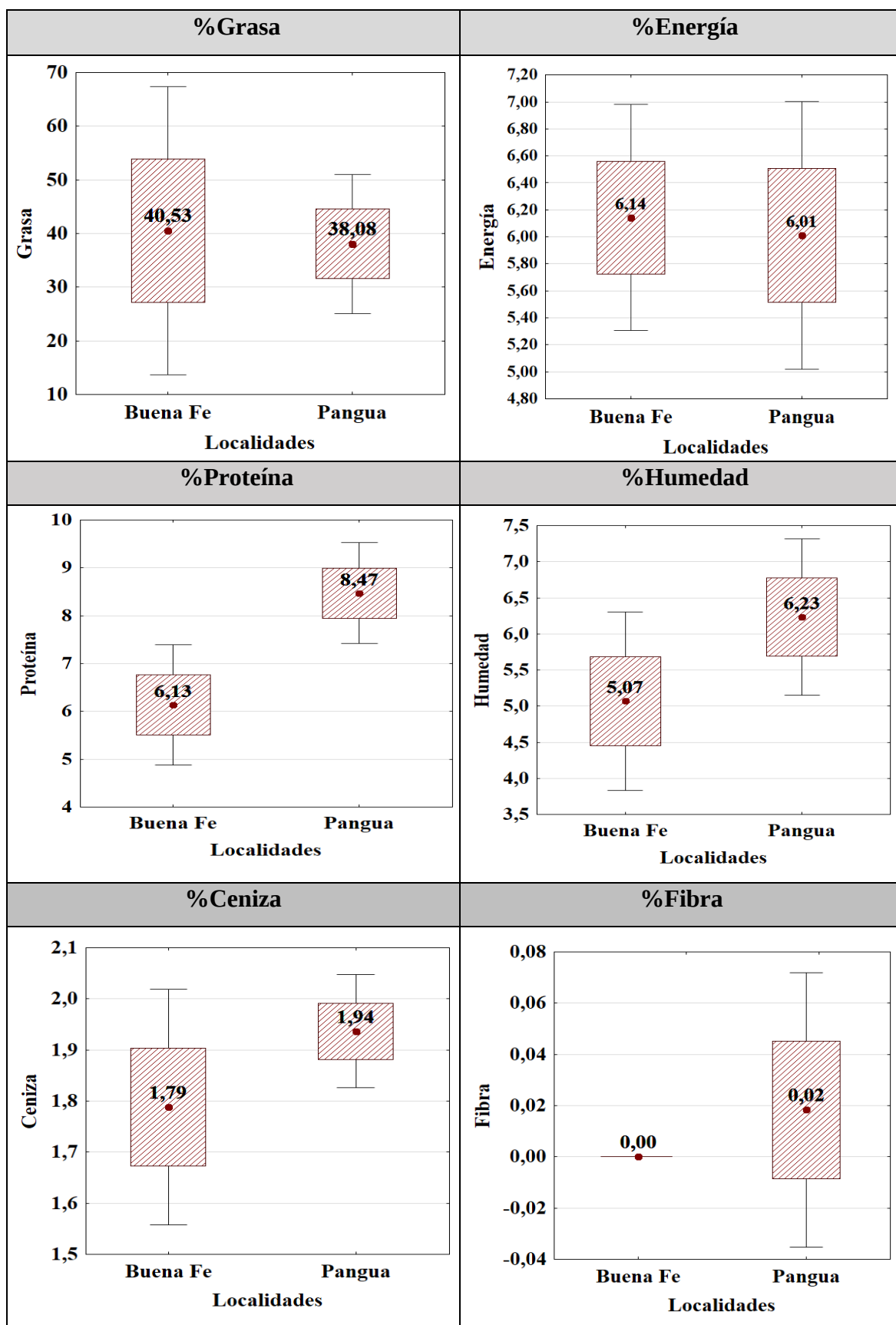
Tabla 39. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor A).

Localidades	pH	% Acidez	%Grasa	Energía	%Proteína	%Humedad	%Ceniza	%Fibra
A0: Buena Fe	5,44 ^A	5,20 ^B	40,53 ^B	6,14 ^B	6,13 ^A	5,07 ^A	1,79 ^A	0,00 ^A
A1: Pangua	5,55 ^B	4,01 ^A	38,08 ^A	6,01 ^A	8,47 ^B	6,23 ^B	1,94 ^B	0,02 ^B

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Figura 5. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Factor A: Localidades).





Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 5** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas correspondientes a los análisis bromatológicos del chocolate para el factor A (localidades).

Para lo cual se determinó diferencia significativa en: pH donde se obtuvo el mayor contenido en el grupo B (**a1**: Cantón Pangua 5,55 pH), mientras que el menor contenido fue dado por el grupo A (**a0**: Cantón Buena Fe 5,44 pH).

Con respecto a los resultados de la variable acidez se percibió el contenido más elevado para el grupo B (**a0**: Cantón Buena Fe 5,20 %), en tanto se observó para el grupo A (**a1**: Cantón Pangua 4,01 %) el menor contenido.

En cuanto a los resultados de la variable grasa se obtuvo mayor contenido en el grupo B (**a0**: Cantón Buena Fe 40,53 %), en tanto el menor contenido se encontró en el grupo A (**a1**: Cantón Pangua 38,08 %).

Con respecto a los resultados de energía presente en el chocolate se observó el contenido más elevado para el grupo B (**a0**: Cantón Buena Fe 6,14 %), en tanto se percibió menor contenido en el grupo A (**a1**: Cantón Pangua 6,01 %).

En los resultados para la variable proteína, se encontró mayor contenido en el grupo B (**a1**: Cantón Pangua 8,47 %), mientras se notó menor contenido en el grupo A (**a0**: Cantón Buena Fe 6,13 %).

Considerando los resultados para la humedad se observó que el mayor contenido se dio en el grupo B (**a1**: Cantón Pangua 6,23 %), caso contrario ocurrió para el grupo A (**a0**: Cantón Buena Fe 5,07 %) que presentó menor contenido.

Los resultados para el porcentaje de cenizas se obtuvieron mayores valores para el grupo B (**a1**: Cantón Pangua 1,94 %), mientras que el menor contenido se obtuvo para el grupo A (**a0**: Cantón Buena Fe 1,79 %).

Considerando los resultados para la variable fibra se presentó el mayor contenido en el grupo B (**a1**: Cantón Pangua 0,02 %), caso contrario ocurrió para el grupo A (**a0**: Cantón Buena Fe 0,00 %) donde se observó un mínimo contenido.

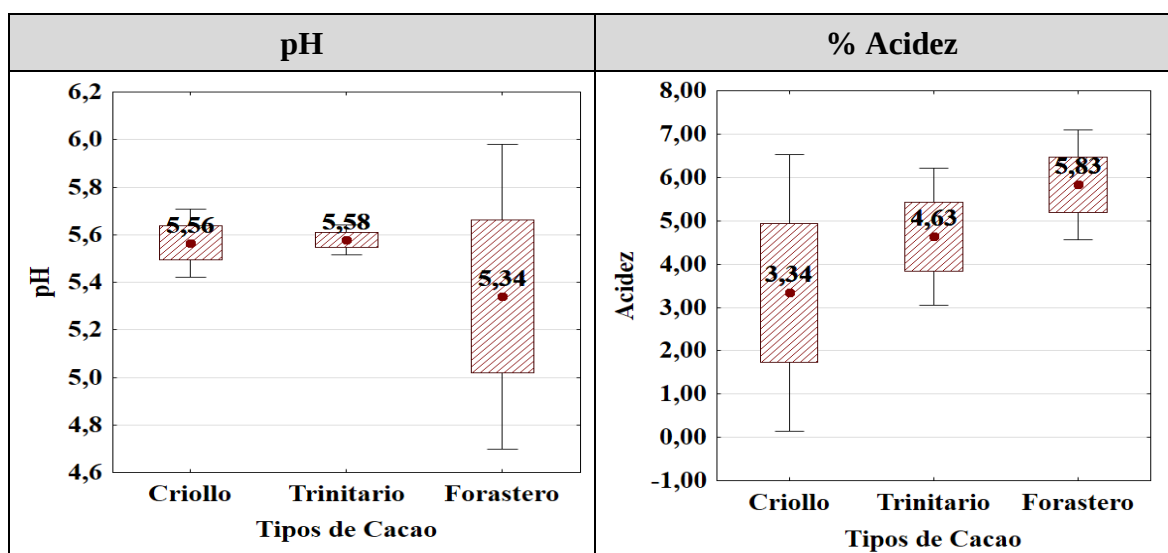
4.1.2.3. Prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) para resultados de análisis bromatológicos Tipos de Cacao (Factor B).

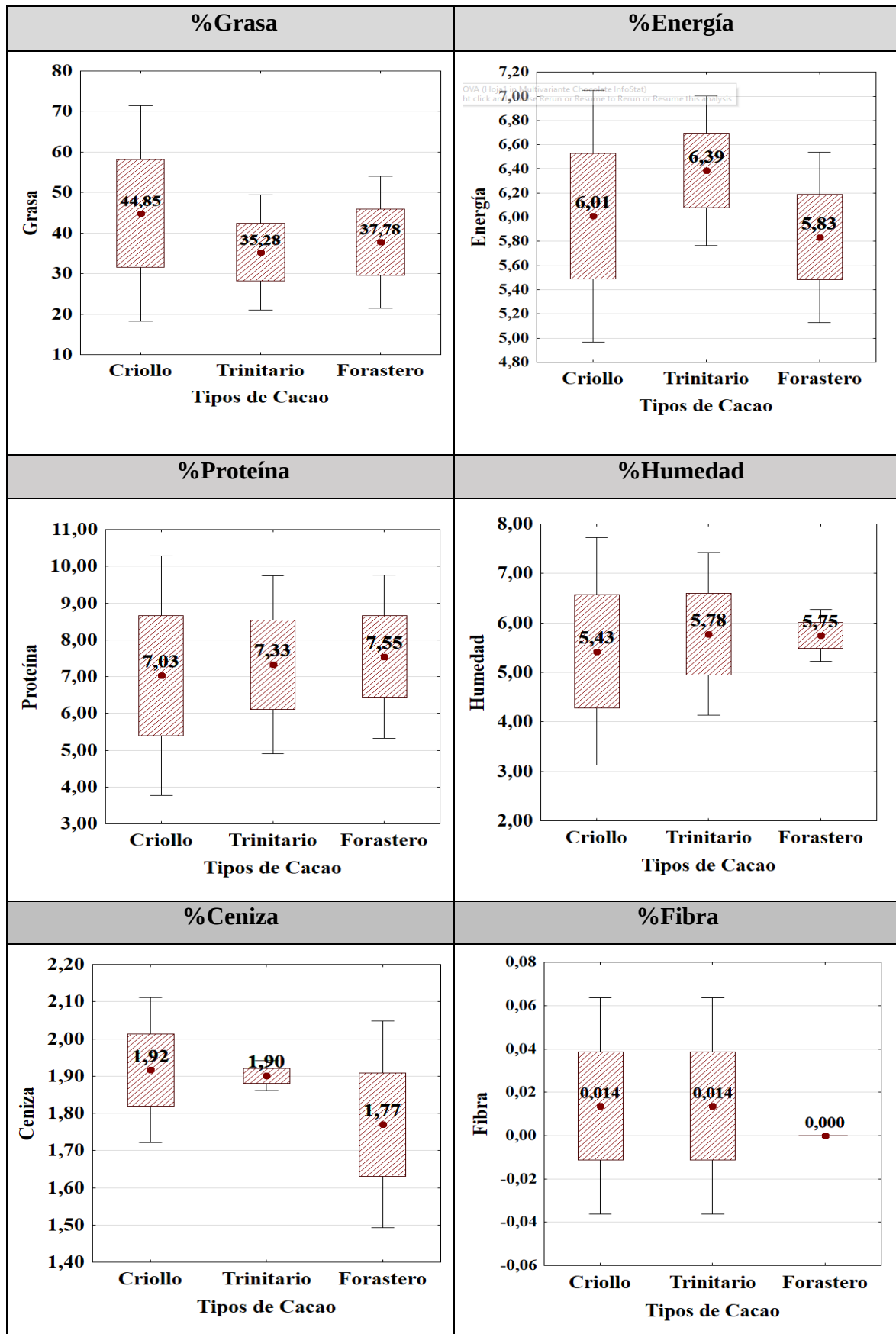
Tabla 40. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor B).

Tipos de cacao	pH	% Acidez	%Grasa	Energía	%Proteína	%Humedad	%Ceniza	%Fibra
B0: Criollo	5,57 B	3,34 A	44,85 C	6,01 B	7,03 A	5,43 A	1,92 C	0,01 B
B1: Trinitario	5,58 B	4,63 B	35,28 A	6,39 C	7,33 B	5,78 C	1,90 B	0,01 B
B2: Forastero	5,34 A	5,83 C	37,78 B	5,84 A	7,55 C	5,75 B	1,77 A	0,00 A

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Figura 6. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Factor B: Tipos de cacao).





Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 6** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas correspondientes a los análisis bromatológicos del chocolate para el factor B (Tipos de cacao).

Para lo cual se determinó diferencia significativa en: pH donde se obtuvo el mayor contenido en el grupo B (**b0**: Cacao criollo 5,57 pH; **b1**: Cacao trinitario 5,58 pH), mientras que el menor contenido fue dado por el grupo A (**b2**: Cacao forastero 5,34 pH).

Con respecto a los resultados de la variable acidez se percibió el contenido más elevado para el grupo C (**b2**: Cacao forastero 5,83 %), en tanto se observó para el grupo A (**b0**: Cacao criollo 3,34 %) el menor contenido.

En cuanto a los resultados de la variable grasa se obtuvo mayor contenido en el grupo C (**b0**: Cacao criollo 44,85 %), en tanto el menor contenido se obtuvo para el grupo A (**b1**: Cacao trinitario 35,28 %).

Con respecto a los resultados de energía presente en el chocolate se observó el contenido más elevado para el grupo C (**b1**: Cacao trinitario 6,39 %), en tanto se notó menor contenido en el grupo A (**b2**: Cacao forastero 5,84 %).

Los resultados para la variable proteína se percibió que existe un mayor contenido en el grupo C (**b2**: Cacao forastero 7,55 %), en tanto se encontró menor contenido en el grupo A (**b0**: Cacao criollo 7,03 %).

Considerando los resultados para la humedad se notó que el mayor contenido se dio en el grupo C (**b1**: Cacao trinitario 5,78 %), caso contrario ocurrió para el grupo A (**b0**: Cacao criollo 5,43 %) que presentó menor contenido.

Los resultados para el porcentaje de cenizas se obtuvieron mayores valores para el grupo C (**b0**: Cacao criollo 1,92 %), mientras que el menor contenido se obtuvo para el grupo A (**b2**: Cacao forastero 1,77 %).

Considerando los resultados para la variable fibra se obtuvo mayor contenido en el grupo B (**b0**: Cacao criollo 0,01 %; **b1**: Cacao trinitario 0,01 %), caso contrario ocurrió para el grupo A (**b2**: Cacao forastero 0,00 %) que presentó un mínimo contenido.

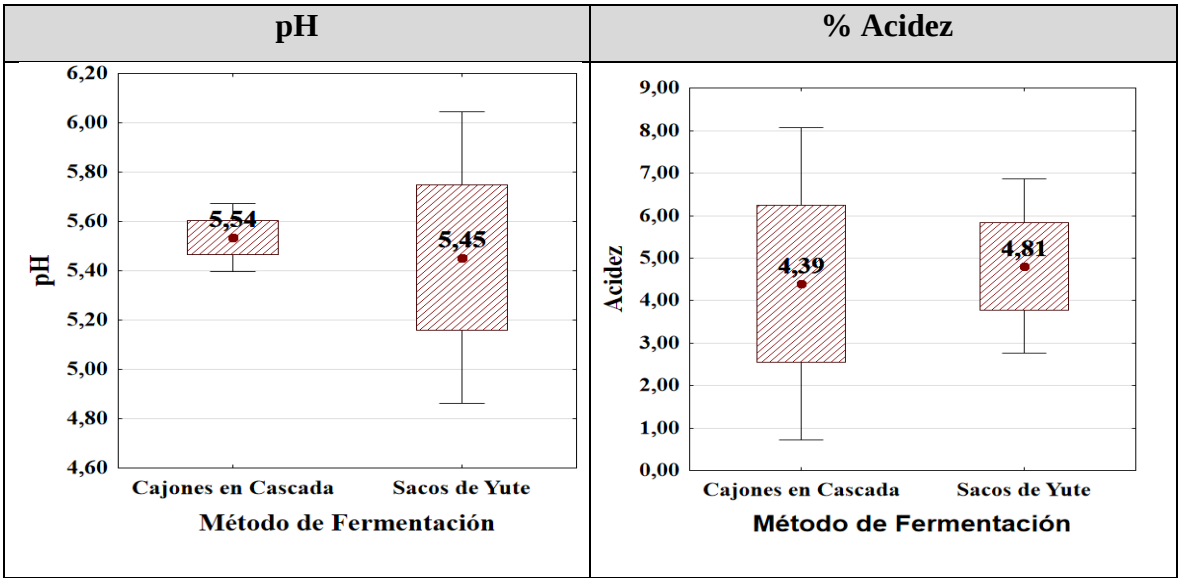
4.1.2.4. Prueba de significación (Tukey $p<0,05$) para resultados de análisis bromatológicos método de fermentación (Factor C).

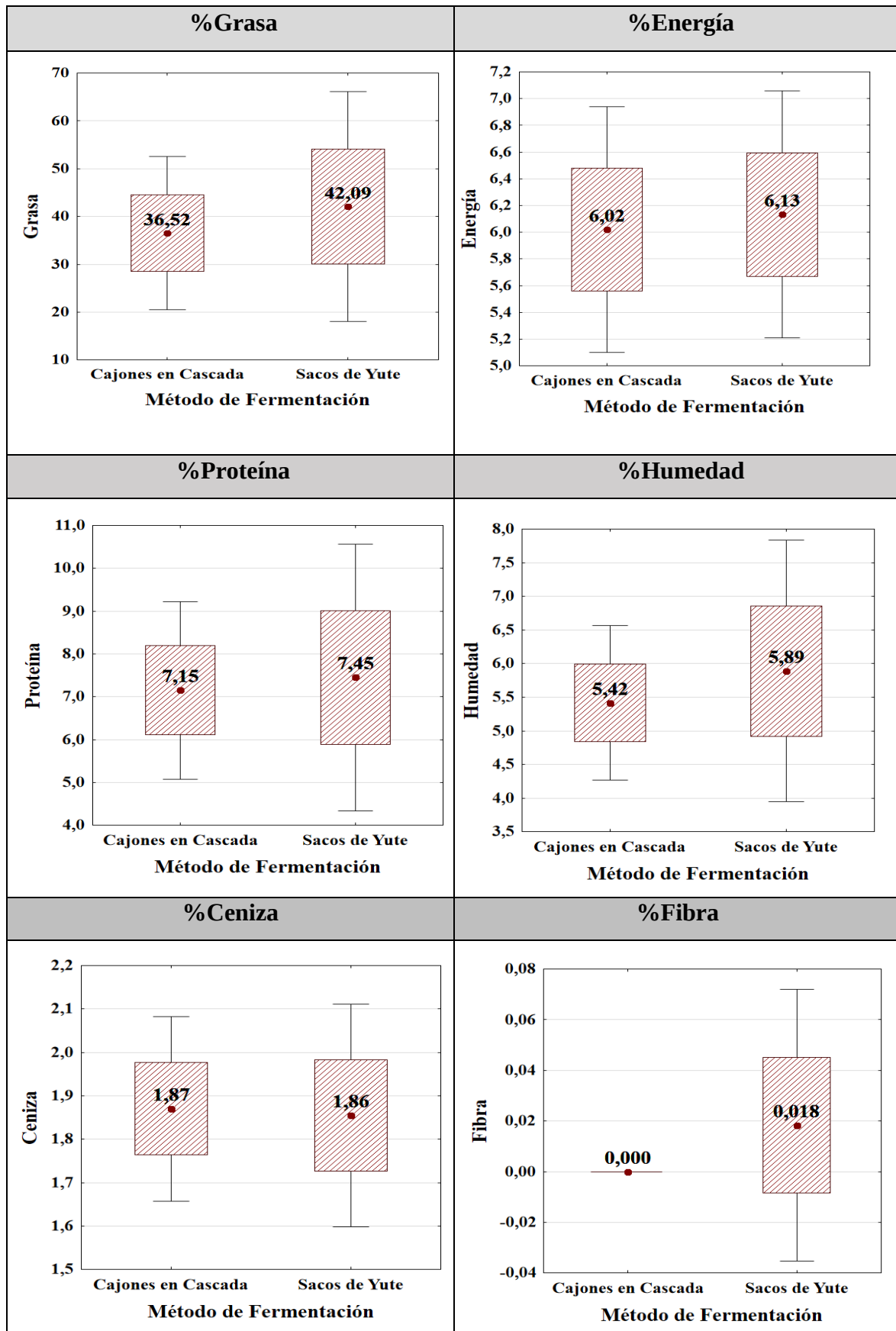
Tabla 41. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos (Factor C).

Método de fermentación	pH	% Acidez	%Grasa	Energía	%Proteína	%Humedad	%Ceniza	%Fibra
C0: Cajón Cascada	5,54 A	4,39 A	36,52 A	6,02 A	7,15 A	5,42 A	1,87 B	0,00 A
C1: Sacos de Yute	5,45 A	4,81 B	42,09 B	6,13 B	7,45 B	5,89 B	1,86 A	0,02 B

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Figura 7. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Factor C: Método de fermentación).





Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 7** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas correspondientes a los análisis bromatológicos del chocolate para el factor C (Método de fermentación).

Para lo cual obtenemos que en: la variable pH no se encontró diferencia, donde se obtuvieron resultados estadísticamente similares en el grupo A (**c0**: Cajones en cascada 5,54 pH; **c1**: Sacos de Yute 5,45 pH).

Con respecto a los resultados de la variable acidez se encontró el contenido más elevado en el grupo B (**c1**: Sacos de Yute 4,81 %), en tanto se percibió para el grupo A (**c0**: Cajones de cascada 4,39 %) el menor contenido.

En cuanto a los resultados de la variable grasa se obtuvo mayor contenido en el grupo B (**c1**: Sacos de yute 42,09 %), en tanto el menor contenido se notó en el grupo A (**c0**: Cajones en cascada 36,52 %).

Con respecto a los resultados de energía presente en el chocolate se percibió el contenido más elevado en el grupo B (**c1**: Sacos de Yutee 6,13 %), en tanto se observó menor contenido en el grupo A (**c0**: Cajones en cascada 6,02 %).

Los resultados para la variable proteína se notó que existe un mayor contenido en el grupo B (**c1**: Sacos de yute 7,45 %), en tanto se obtuvo menor contenido en el grupo A (**c0**: Cajones en cascada 7,15 %).

Considerando los resultados para la humedad se encontró mayor contenido en el grupo B (**c1**: Sacos de yute 5,89 %), caso contrario ocurrió para el grupo A (**c0**: Cajones en cascada 5,42 %) que presentó menor contenido.

Los resultados para el porcentaje de cenizas se obtuvieron mayores valores para el grupo B (**c0**: Cajones en cascada 1,87 %), mientras que el menor contenido se obtuvo para el grupo A (**c1**: Sacos de Yute 1,86 %).

Considerando los resultados para la variable fibra se observó que el mayor contenido se dio en el grupo B (**c1**: Sacos de Yute 0,02 %), caso contrario ocurrió para el grupo A (**c0**: Cajones en cascada 0,00 %) que presentó un mínimo contenido.

4.1.2.5. Prueba de significación (Tukey $p < 0,05$) para resultados de análisis bromatológicos del chocolate, Localidades * tipos de cacao * método de fermentación (Interacción ABC).

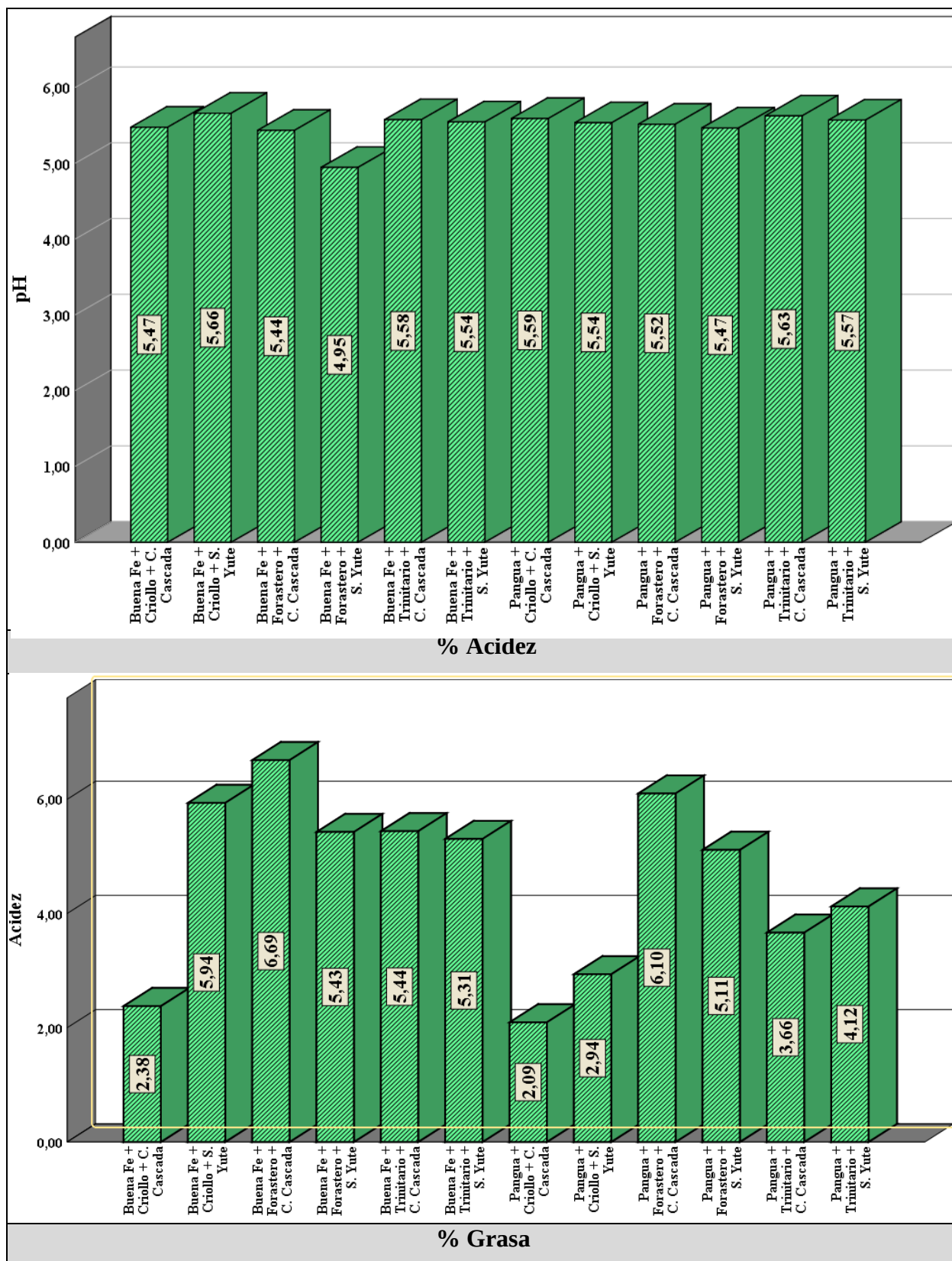
Tabla 42. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Interacción ABC).

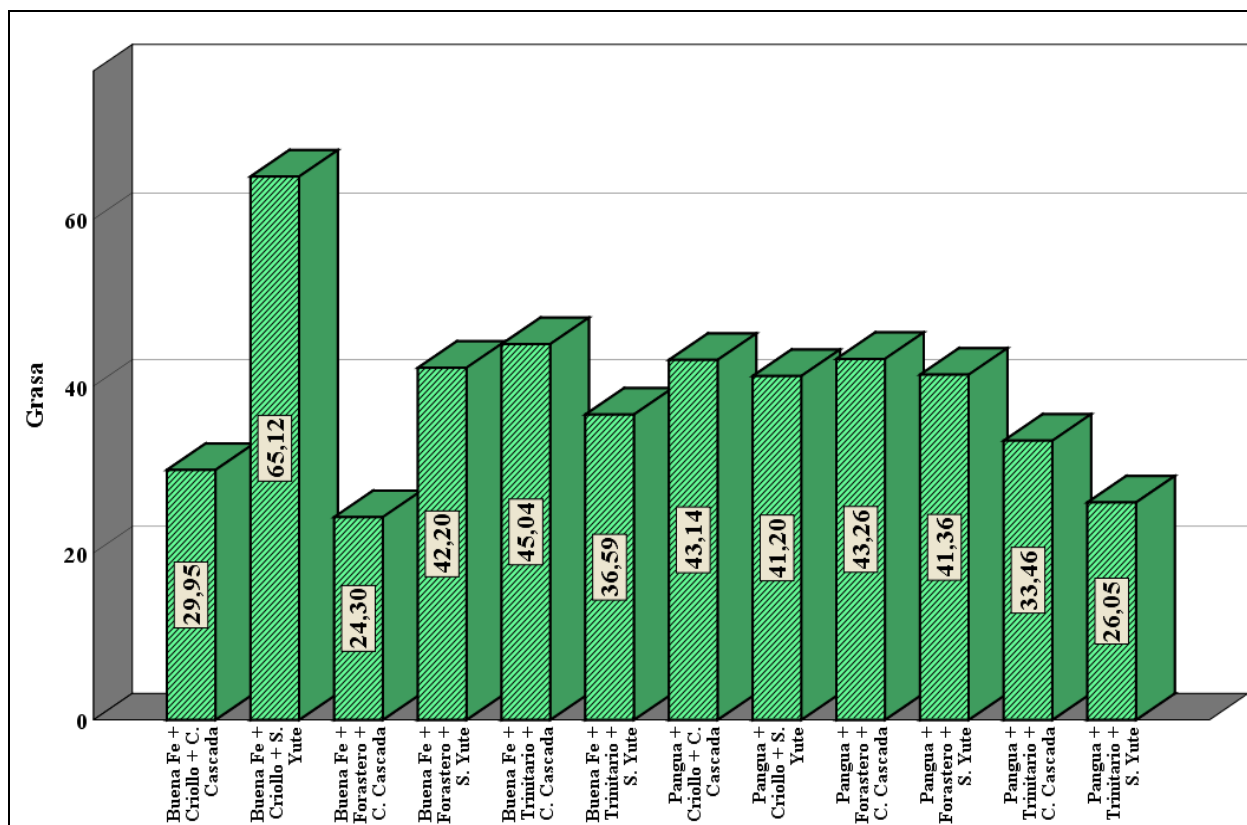
Interacciones	pH	Acidez	Grasa	Energía	Proteína	Humedad	Ceniza	Fibra
Buena Fe + Criollo + Cajones Cascada	5,48 ^B	2,38 ^B	29,95 ^C	5,97 ^F	6,41 ^D	4,51 ^B	1,88 ^{DE}	0,00 ^A
Buena Fe + Criollo + Sacos de Yute	5,66 ^B	5,94 ^I	65,12 ^L	6,05 ^G	4,90 ^A	4,30 ^A	1,79 ^C	0,00 ^A
Buena Fe + Trinitario + Cajones cascada	5,58 ^B	5,44 ^I	45,04 ^K	6,74 ^L	5,91 ^B	4,90 ^C	1,89 ^E	0,00 ^A
Buena Fe + Trinitario + Sacos de Yute	5,55 ^B	5,31 ^G	36,59 ^E	6,32 ^H	6,61 ^E	5,21 ^D	1,91 ^F	0,00 ^A
Buena Fe + Forastero + Cajones cascada	5,44 ^B	6,69 ^L	24,30 ^A	6,36 ^I	6,30 ^C	5,41 ^E	1,66 ^B	0,00 ^A
Buena Fe + Forastero + Sacos de Yute	4,95 ^A	5,43 ^H	42,20 ^H	5,42 ^B	6,71 ^F	6,11 ^I	1,63 ^A	0,00 ^A
Pangua + Criollo + Cajones en cascada	5,59 ^B	2,09 ^A	43,14 ^I	5,30 ^A	7,71 ^G	5,90 ^H	1,99 ^H	0,00 ^A
Pangua + Criollo + Sacos de Yute	5,54 ^B	2,94 ^C	41,20 ^F	6,71 ^K	9,11 ^L	7,01 ^K	2,02 ^I	0,06 ^B
Pangua + Trinitario + Cajones en cascada	5,63 ^B	3,66 ^D	33,46 ^D	5,94 ^E	7,90 ^H	6,10 ^I	1,89 ^E	0,00 ^A
Pangua + Trinitario + Sacos de Yute	5,57 ^B	4,12 ^E	26,06 ^B	6,54 ^J	8,91 ^K	6,91 ^J	1,93 ^G	0,06 ^B
Pangua + Forastero + Cajones en cascada	5,52 ^B	6,10 ^K	43,26 ^J	5,82 ^D	8,71 ^J	5,70 ^F	1,94 ^G	0,00 ^A
Pangua + Forastero + Sacos de Yute	5,47 ^B	5,11 ^F	41,20 ^F	5,74 ^C	8,50 ^I	5,81 ^G	1,87 ^D	0,00 ^A

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

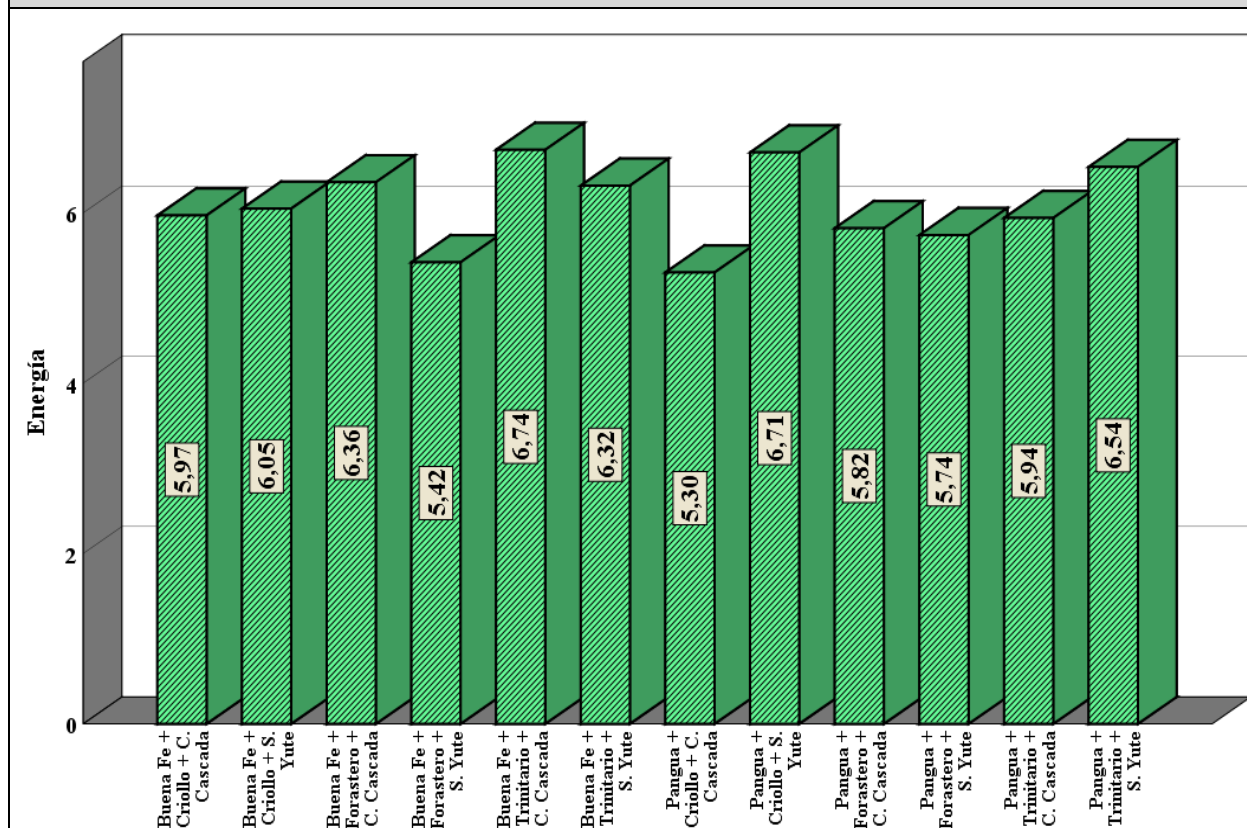
Figura 8. Prueba de significación de Tukey para resultados de análisis bromatológicos del chocolate (Interacción ABC).

pH

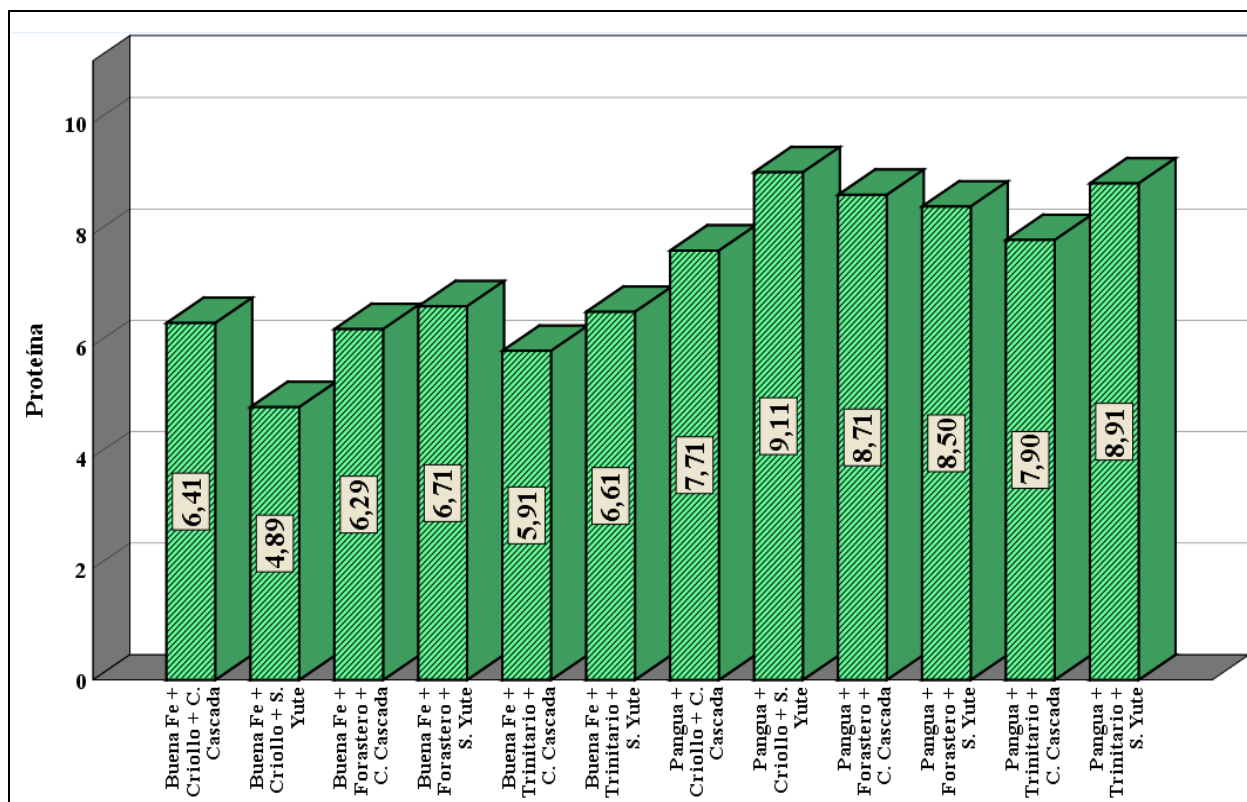




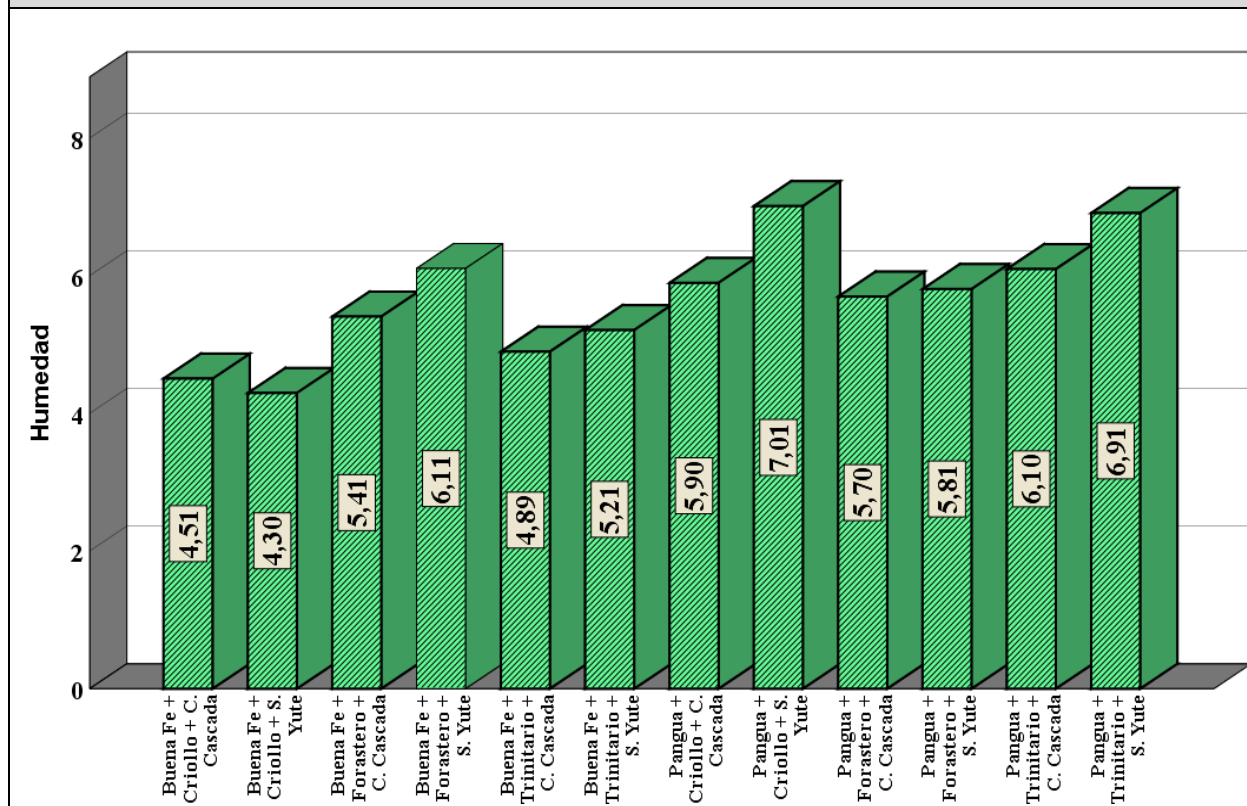
% Energía



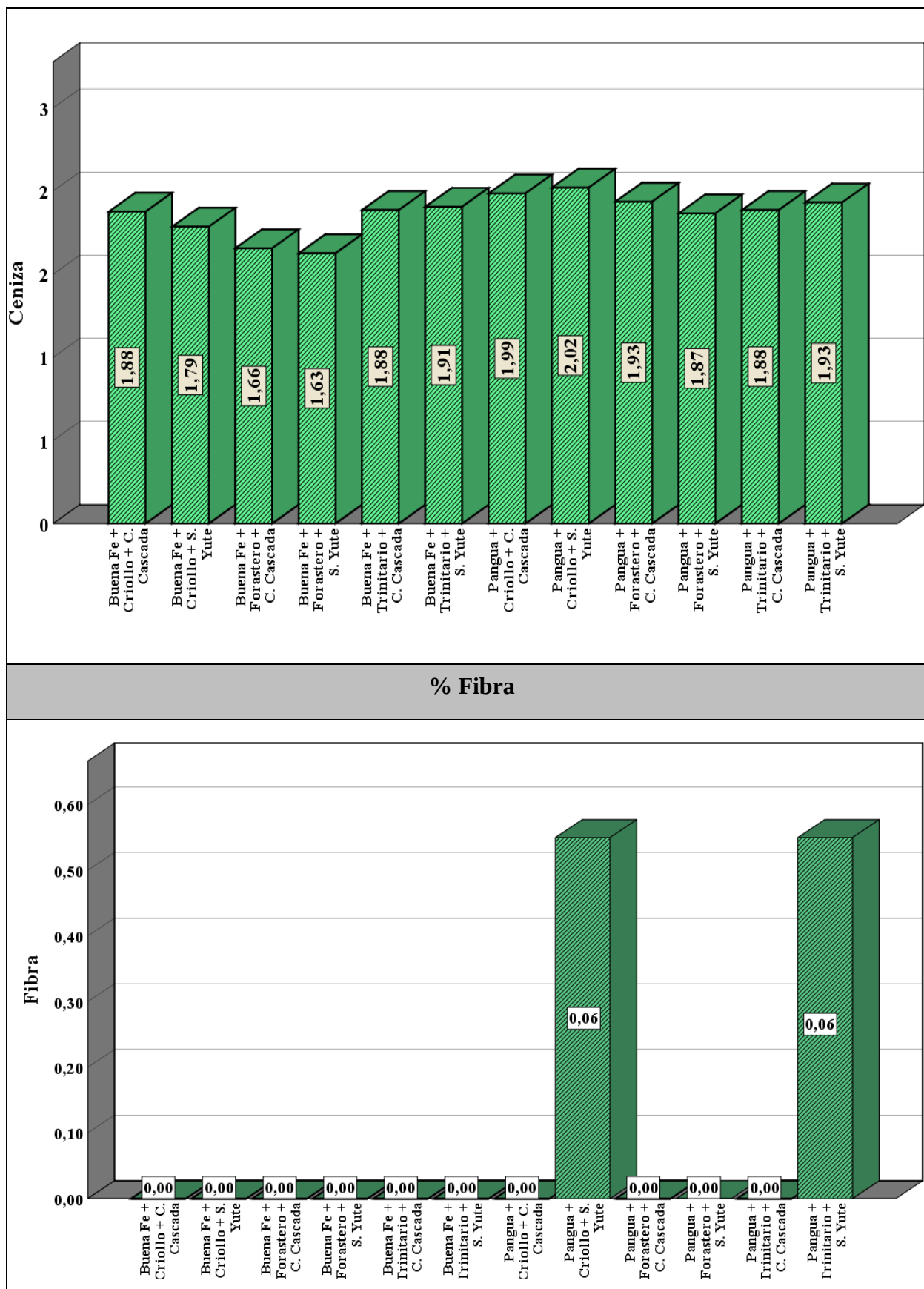
% Proteína



% Humedad



% Ceniza



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 8** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos de las variables evaluadas correspondientes a los análisis bromatológicos del chocolate elaborado con cacao nacional

(*Theobroma cacao* L.) para la interacción ABC (localidades* tipo de cacao* método de fermentación).

Para lo cual se determinó diferencia significativa en: pH siendo el mayor valor el obtenido en el grupo B (**a0b2c0**: Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada 5,44 pH; **a1b2c1**: Pangua + Forastero + Sacos de yute 5,47 pH; **a1b0c0**: Pangua + Criollo + Cajones en cascada 5,48 pH; **a1b2c0**: Pangua + Forastero + Cajones en cascada 5,52 pH; **a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de yute 5,54 pH; **a0b1c1**: Buena Fe + Trinitario + Sacos de yute 5,55 pH; **a1b1c1**: Pangua + Trinitario + Sacos de yute 5,57 pH; **a0b1c0**: Buena Fe + Trinitario + Cajones en cascada 5,58 pH; **a1b0c0**: Pangua + Criollo + Cajones en cascada 5,59 pH; **a1b1c0**: Pangua + Trinitario + Cajones en cascada 5,63 pH; **a0b0c1**: Buena Fe + Criollo + Sacos de yute 5,66 pH), y el menor valor se obtuvo para el grupo A (**a0b2c1**: Buena Fe + Forastero + Sacos de yute 4,95 pH).

En cuanto a los resultados para la acidez, se observó un mayor contenido en el grupo L (**a0b2c0**: Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada 6,69 %), mientras que el menor contenido se dio para el grupo A (**a1b0c0**: Pangua + Criollo + Cajones en cascada 2,09 %).

Con respecto a los resultados de grasa presente en el chocolate, se encontró un mayor valor en el grupo L (**a0b0c1**: Buena Fe + Criollo + Sacos de yute 65,12 %), mientras que el grupo A (**a0b2c0**: Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada 24,30 %) se obtuvo el menor valor.

En cuanto a los resultados para la energía, se observó un mayor contenido para el grupo L (**a0b1c0**: Buena Fe + Trinitario + Cajones en cascada 6,74 %), caso contrario ocurrió con el grupo A (**a1b0c0**: Pangua + Criollo + Cajones en cascada 5,30 %).

Con respecto a la proteína, el mayor contenido se percibió en el grupo L (**a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de yute 9,11 %), en tanto el menor contenido se notó en el grupo A (**a0b0c1**: Buena Fe + Criollo + Sacos de yute 4,90 %).

Considerando los resultados para la humedad, se obtuvo el mayor contenido para el grupo K (**a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de yute 7,01 %), en tanto el grupo A (**a0b0c1**: Buena Fe + Criollo + Sacos de yute 4,30 %) presentó un valor inferior.

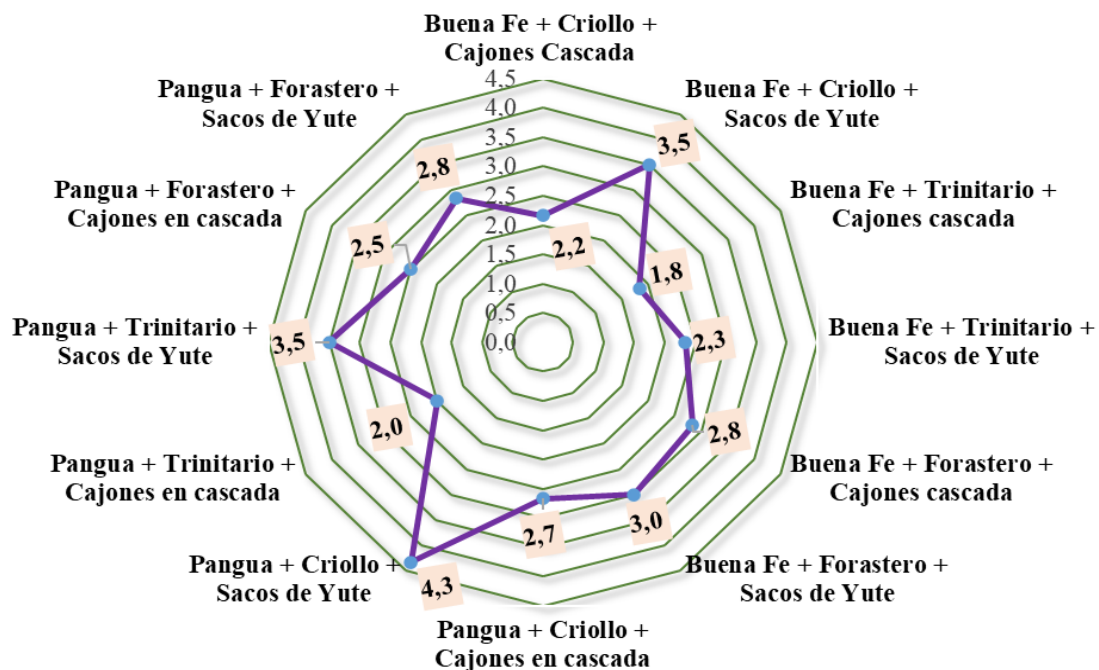
Con respecto a los resultados para las cenizas, el mayor contenido se percibió en el grupo I (**a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de Yute 2,02 %), mientras se obtuvo un menor contenido para el grupo A (**a0b2c1**: Buena Fe + Forastero + Sacos de yute 1,63 %).

En cuanto a la fibra presente en el chocolate, se presentó un mayor valor en el grupo B (**a1b1c1**: Pangua + Trinitario + Sacos de yute 0,06 %; **a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de yute 0,06 %), mientras que en el grupo A se obtuvieron resultados estadísticamente indiferente (**a1b2c1**: Pangua + Forastero + Sacos de yute 0,00 %; **a0b1c1**: Buena Fe + Trinitario + Sacos de yute 0,00 %; **a1b0c0**: Pangua + Criollo + Cajones en cascada 0,00 %; **a1b1c0**: Pangua + Trinitario + Cajones en cascada 0,00 %; **a0b1c0**: Buena Fe + Trinitario + Cajones en cascada 0,00 %); **a0b0c1**: Buena Fe + Criollo + Sacos de yute 0,00 %; **a0b0c0**: Buena Fe + Criollo + Cajones en cascada 0,00 %; **a0b2c0**: Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada 0,00 %; **a0b2c1**: Buena Fe + Forastero + Sacos de yute 0,00 %; **a1b2c0**: Pangua + Forastero + Cajones en cascada 0,00 %).

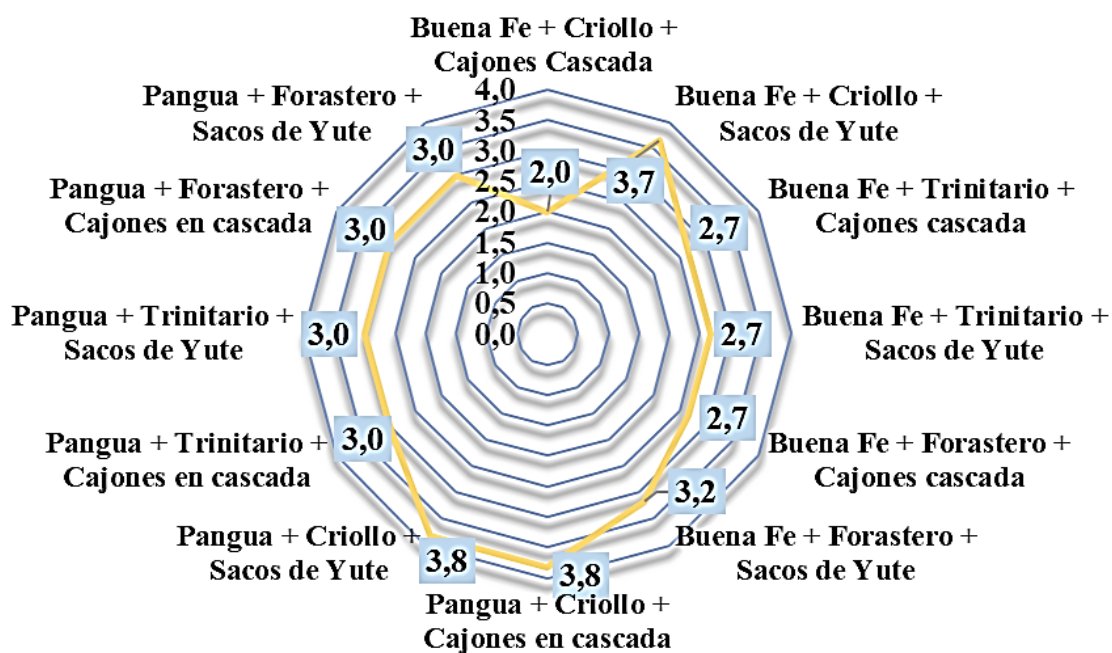
4.1.3. Resultados de las características sensoriales del chocolate.

Figura 9. Resultados de evaluación sensorial correspondiente al aroma del chocolate de los tratamientos en estudio (Interacción ABC).

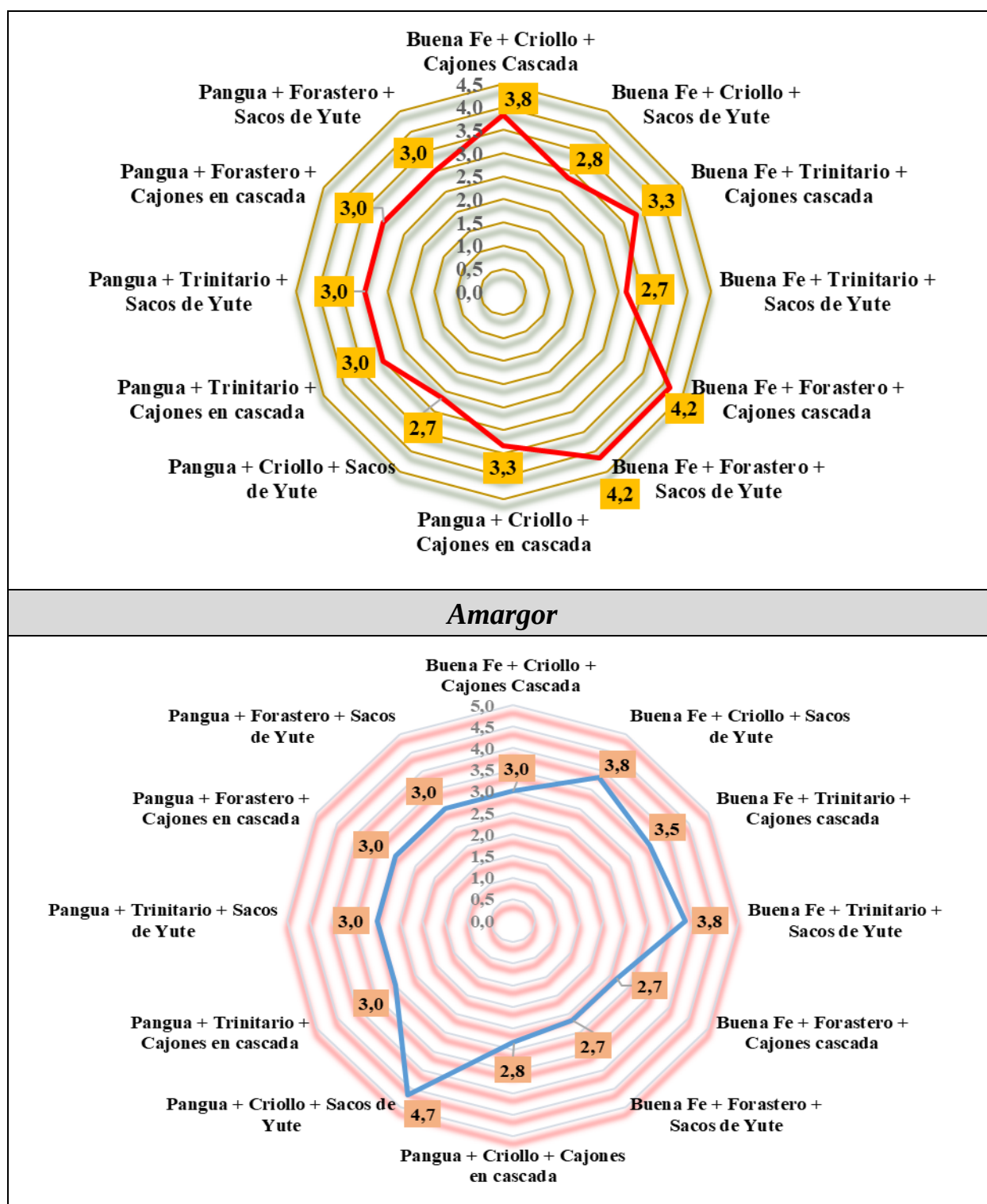
Aroma



Acidez



Astringencia



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 9** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos en gráficos de araña de las variables evaluadas correspondientes a los análisis sensoriales del chocolate elaborado con

cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) para la interacción ABC (localidades* tipo de cacao* método de fermentación).

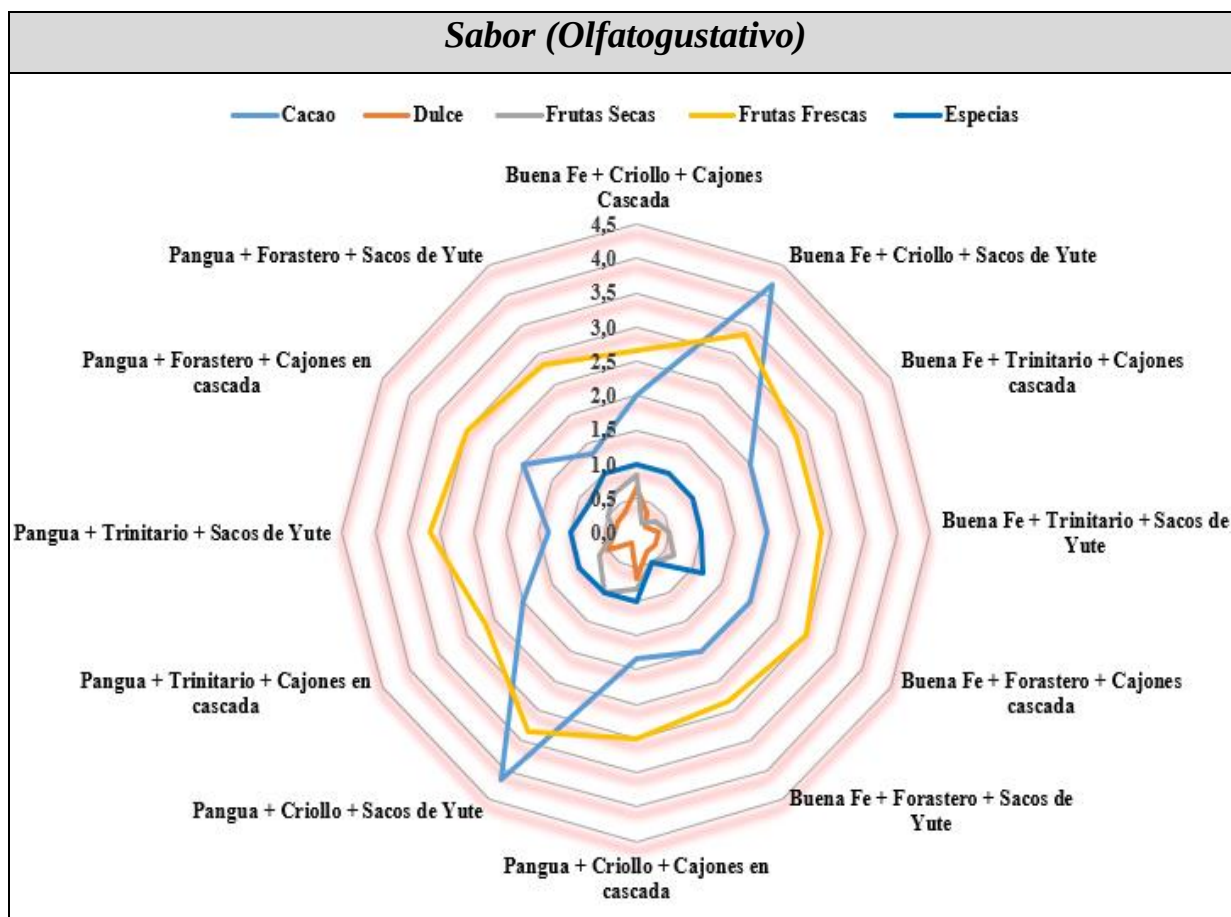
Con respecto al Aroma presente en el chocolate, el valor más alto se presentó en el tratamiento (**a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de Yute) con media de 4,3; mientras que el valor más bajo se encontró en el tratamiento (**a0b1c0**: Buena Fe + Trinitario + Cajones de cascada) con media de 1,8.

En cuanto a los resultados de acidez, el valor más alto se observó en (**a1b0c0**: Pangua + Criollo + Cajones en cascada; **a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de yute, 3,8 respectivamente); por otro lado, en el tratamiento (**a0b0c0**: Buena Fe + Criollo + Cajones en cascada) se percibió el valor más bajo 2,0.

En los resultados de astringencia, los valores más altos se percibieron en los tratamientos (**a0b2c0**: Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada; **a0b2c1**: Buena Fe + Forastero + Sacos de yute, ambos con una media de 4,2); mientras que el valor más bajo se encontró en los tratamientos (**a0b1c1**: Buena Fe + Trinitario + Sacos de yute; **a1b1c1**: Pangua + Trinitario + Sacos de yute, ambos con media de 2,7).

Con respecto a los resultados de amargor en el chocolate, el valor más alto presentó el tratamiento (**a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de yute, 4,7); mientras que los valores más bajos se obtuvieron en los tratamientos (**a0b2c0**: Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada; **a0b2c1**: Buena Fe + Forastero + Sacos de yute, ambos con media de 2,7).

Figura 10. Resultados de evaluación sensorial correspondiente al sabor del chocolate de los tratamientos en estudio (Interacción ABC).



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 10** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos en gráficos de araña de la variable sabor (olfato gustativo) correspondiente a los análisis sensoriales del chocolate elaborado con cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) para la interacción ABC (localidades* tipo de cacao* método de fermentación).

Con respecto al sabor en los resultados del análisis sensorial, los valores más altos que determinaron los jueces en sabor cacao se encontró en las interacciones (**a0b0c1**: Buena Fe + Criollo + Sacos de yute; **a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de Yute) con media de 4,2; mientras que el valor de media (1,3), resultó el menor resultado presente en las interacciones (**a1b1c1**: Pangua + Trinitario + Sacos de yute; **a1b2c1**: Pangua + Forastero + Sacos de yute).

En cuando a los resultados de los jueces en sabor dulce, los valores más altos se encontraron en los tratamientos (**a0b0c0**: Buena Fe + Criollo + Cajones en cascada;

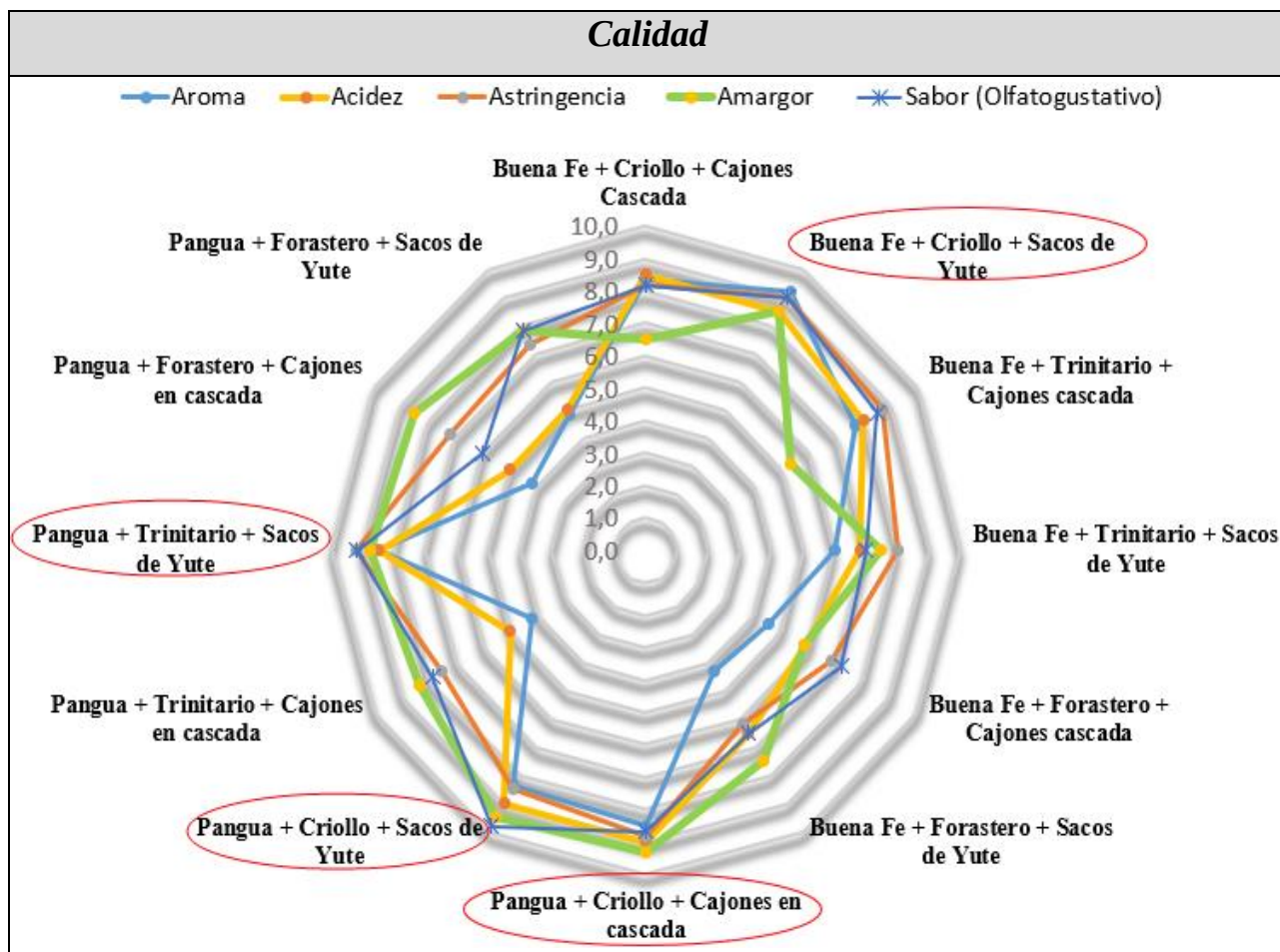
a1b0c0: Pangua + Criollo + Cajones en cascada, ambos con media de 0,7); mientras que una media de 0,2 resultó el valor más bajo presente en los tratamientos (**a0b1c0:** Buena Fe + Trinitario + Cajones en cascada; **a1b0c1:** Pangua + Criollo + Sacos de yute).

De acuerdo a los resultados de los jueces en la característica frutas secas, el valor más significativo se encontró en la interacción (**a1b0c1:** Pangua + Criollo + Sacos de yute= 1,0); mientras que el valor menos significativo de 0,2 presentó el tratamiento (**a0b0c1:** Buena Fe + Criollo + Sacos de yute).

Con respecto a la calificación de los jueces según la característica frutas fresca, los valores más altos presentaron los tratamientos (**a0b0c1:** Buena Fe + Criollo + Sacos de yute; **a1b0c1:** Pangua + Criollo + Sacos de yute, ambos con una media de 3,3), mientras que los menores valores se presentaron en los tratamientos (**a0b0c0:** Buena Fe + Criollo + Cajones en cascada; **a1b1c0:** Pangua + Trinitario + Cajones en cascada, ambos con una media de 2,7).

De acuerdo a los resultados de los jueces el sabor con la característica especias, el valor más alto lo presentó el tratamiento (**a0b2c0:** Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada, 1,2); mientras que el valor más bajo se observó en el tratamiento (**a0b2c1:** Buena Fe + Forastero + Sacos de yute, con una media de 0,5).

Figura 11. Resultados de evaluación sensorial del chocolate correspondiente de aceptabilidad según la escala de calidad determinada por los jueces.

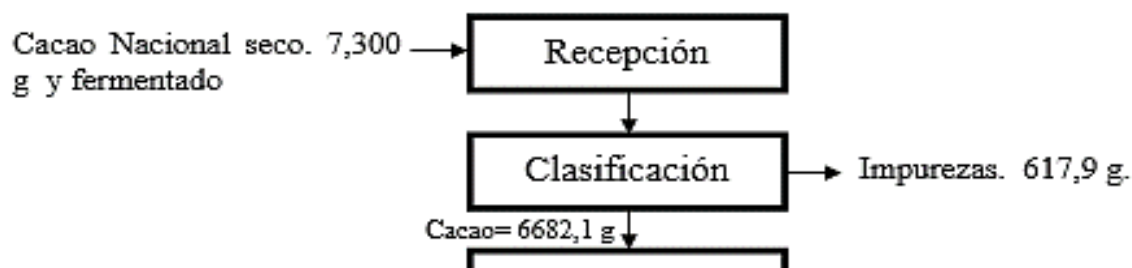


Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

La **figura 11** muestra los valores de Tukey ($p < 0,05$) resumidos en gráficos de araña correspondiente a los análisis sensoriales según la calidad del chocolate elaborado con cacao nacional (*Theobroma cacao L.*) para la interacción ABC (localidades* tipo de cacao* método de fermentación).

Se puede observar el resultado de la valoración de los jueces sobre cada tratamiento, observándose que, los tratamientos (**a0b0c1**: Buena Fe + Criollo + Sacos de yute; **a1b0c0**: Pangua + Criollo + Cajones en cascada; **a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de yute; **a1b1c1**: Pangua + Trinitario + Sacos de yute) presentaron una excelente calidad según las diferentes variables evaluadas, obtuvieron un rango de 8 a 10 según la escala de calidad de la ficha sensorial, siendo los mejores tratamientos en estudio.

4.1.4. Balance de materia del proceso de elaboración de chocolate.



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

4.1.4.1. Rendimiento del producto final.

Se calculó en base al cociente del peso que ingresa (cacao nacional seco) sobre el peso de salida del producto final (barras de chocolate), con la siguiente fórmula:

$$R = \frac{P.F.}{P.I.} \times 100 \%$$

Donde:

R: Rendimiento.

P.F: Peso final.

P.I: Peso inicial.

$$R = \frac{P.F.}{P.I.} \times 100 \%$$

$$R = \frac{6448,4}{7300} \times 100 \%$$

$$R = 0,8833 \times 100 \%$$

$$R = 88,33 \%$$

4.2. Discusión.

4.2.1. Respecto a los resultados de los análisis de metales pesados en cacao nacional (*Theobroma cacao L.*), de acuerdo a tipos de muestra (Factor A).

Con respecto a los resultados de metales pesados en los diferentes tipos de muestras de cacao nacional no se observó diferencia significativa en la presencia de cadmio, debido a que los valores son estadísticamente similares, el nivel a2: Grano presenta el valor más alto de cadmio con media de 0,55 mg/Kg; mientras que el menor contenido de cadmio presentó las muestras de a0: Corteza (0,45 mg/Kg). Por lo tanto, dichos resultados cumplen con los niveles establecidos por la “*Unión Europea en su reglamento No 488/2014 UE (2014)*” donde establece una concentración máxima de 0,8 mg/kg para el producto cuyo contenido de materia seca de cacao es del ≥ 50 % de su peso. Según Mendoza, I (2019) señala que las concentraciones de cadmio no se ven alteradas en el manejo del grano y la mazorca durante el proceso de beneficiado que realizan los agricultores, más bien se ven atribuidas a factores como: suelo, agua y tipo de fertilizante.

En cuanto a los resultados de plomo presente en muestras de cacao nacional, no presentaron diferencia estadística, donde se obtuvieron resultados cercanos; el valor más significativo se encontró en a2: Grano con media de 2,89 mg/Kg. Espinoza, J. & Robles, V. (2020) en el estudio “*Evaluación del contenido de metales pesados en el cacao (Theobroma cacao L.)*” donde mencionan que los niveles de plomo encontrados en las muestras para el cacao nacional se situó entre 1,87 y 2,50 mg/kg. Sin embargo, dichos resultados no se encuentran dentro de lo establecido por la Legislación Internacional (Unión Europea) y países como China que regulan los límites máximos de plomo en la importación de cacao nacional, en donde establece una concentración máxima de 0,5 a 1,0 mg/kg para este metal. La presencia de Pb en los cultivos de cacao se debe al uso de fungicidas con concentraciones altas que se acumulan en los suelos.

Los resultados de arsénico presente en muestras de cacao, no representan significancia entre sus valores de media, el valor más significativo se observó en a2: Grano 2,04 mg/Kg arsénico y una concentración de arsénico por encima de lo establecido en normativas en a0: Corteza 0,44 mg/Kg). Los límites de concentración de arsénico son regulados dentro de un rango permisible por el “Codex alimentario” en el cual se establece un nivel máximo de 1 mg/kg y a la vez se describe a la *NTE INEN 621:2010 (Instituto Ecuatoriano de Normalización)* que establece los límites máximos permitidos de metales tóxicos en cacao y derivados con un valor de 0,5 mg/kg para el Arsénico (As). Cabe recalcar que la norma menciona que el cacao utilizado para la elaboración de subproductos debe estar limpia y sana. Además, hace énfasis que los residuos de sustancias toxicas no deben superar los límites establecidos emitidos por entidades reguladoras internacionales.

4.2.2. Respecto a los resultados de los análisis de metales pesados en cacao nacional (*Theobroma cacao L.*), de acuerdo a localidades de estudio (Factor B).

En relación a los análisis de metales pesados en localidades de estudio, se observó diferencia significativa entre los valores de cadmio, se presentó un valor alto en b0: Cantón Buena Fe 0,87 mg/Kg, cuyo valor no está dentro de lo establecido la “*Unión Europea en su reglamento No 488/2014 UE (2024)*” donde establece una concentración máxima de 0,8 mg/kg para el producto cuyo contenido de materia seca de cacao es del ≥ 50 % de su peso; mientras que en b1: Cantón Pangua 0,21 mg/Kg, cumple con los niveles permisibles de cadmio establecidos. Según Baraja, E (2018) en el estudio “*Contenido de cadmio en almendras de (cacao) Theobroma cacao L. considerando variedades, condiciones agroecológicas y Manejo industrial en la provincia de Los Ríos y Cotopaxi*” el contenido de cadmio es más significativo en la provincia de Los Ríos, Cantón Quevedo 0,85 mg/Kg y un menor contenido en la provincia de Cotopaxi, Cantón Pangua 0,24 mg/Kg y esto se atribuye a la cantidad de fertilizantes, manejo de suelos y riegos de plantaciones.

Con respecto a resultados de plomo presente en las localidades de estudio, mayor concentración se observó en b0: Cantón Buena Fe 3,89 mg/Kg), mientras que se observó menor concentración de (Pb) en b1: Cantón Pangua 1,63 mg/Kg. Sin embargo, dichos resultados no se encuentran dentro de lo establecido por la Legislación Internacional (Unión Europea) y países como Alemania que regulan los límites máximos de plomo en la importación de cacao nacional, en donde establece una concentración máxima de 0,5 a 1,0 mg/kg para este metal. Según Zambrano, L (2019) en el estudio (*Incidencia de metales pesados en cultivos de cacao nacional de exportación en las principales provincias de Ecuador*) indica que los niveles de plomo aumentan por el indebido manejo de suelos con fertilizantes y el sistema de riego que se proporción al cultivo según las condiciones aerológicas que varía por cada provincia.

En los resultados de arsénico presente en las diferentes muestras de cacao nacional según las localidades de estudio; el valor más significativo se encuentra en b0: Cantón Buena Fe 2,74 mg/Kg), mientras que el valor más bajo de arsénico se encuentra en (b1: Cantón Pangua 0,62 mg/Kg), cuyo último valor cumple con el rango permisible establecido por el “Codex alimentario” en el cual se establece un nivel máximo de 1 mg/kg y a la vez se describe a la NTE INEN 621:2010 (*Instituto Ecuatoriano de Normalización*) que establece los límites máximos permitidos de metales tóxicos en cacao y derivados con un valor de 0,5 mg/kg para el Arsénico (As). Según Rodríguez, M (2020) en el estudio, “*Determinación de metales pesados presente en cacao nacional cultivado en diferentes provincias de Ecuador*” el contenido de este metal se debe a la alta concentración de fertilizantes utilizado por agricultores que tienen poco conocimiento ante un cacao de exportación y valoración top en diferentes países.

4.2.3. Respecto a los resultados de los análisis de metales pesados en cacao nacional (*Teobroma cacao L.*), de acuerdo a tipos de cacao (Factor C).

Con respecto a los resultados de metales pesados en los diferentes tipos de cacao nacional no se observó diferencia significativa en la presencia de cadmio, debido a que los valores son estadísticamente similares, el nivel c2: Forastero 0,63 mg/Kg; c0: Criollo 0,44 mg/Kg. Por lo tanto, dichos resultados cumplen con los niveles establecidos por la “Unión Europea

en su reglamento No 488/2014 UE (2024)” donde establece una concentración máxima de 0,8 mg/kg para el producto cuyo contenido de materia seca de cacao es del $\geq 50\%$ de su peso. Según Baraja, E (2020) en el estudio “*Contenido de cadmio en almendras de (cacao) Theobroma cacao L. considerando variedades, condiciones agroecológicas y Manejo industrial en la provincia de Los Ríos y Cotopaxi*” señala que las concentraciones de cadmio no se ven alteradas en el manejo de mazorcas durante el proceso de beneficiado que realizan los agricultores, más bien se ven atribuidas a factores como: suelo, agua y tipo de fertilizante.

En cuanto a los resultados de plomo presente en muestras de cacao nacional, no presentaron diferencia estadística, donde se obtuvieron resultados cercanos; el valor más significativo se encontró en c2: Forastero 2,89 mg/Kg), Así mismo se observó el menor contenido en (c0: Criollo 2,67 mg/Kg. Espinoza, J. & Robles, V. (2020) en el estudio “*Evaluación del contenido de metales pesados en el cacao (Theobroma cacao L.)*” donde mencionan que los niveles de plomo encontrados en las muestras para el cacao nacional se sitúo entre 1,87 y 2,50 mg/kg. Sin embargo, dichos resultados no se encuentran dentro de lo establecido por la Legislación Internacional (Unión Europea) y países como China que regulan los límites máximos de plomo en la importación de cacao nacional, en donde establece una concentración máxima de 0,5 a 1,0 mg/kg para este metal. La presencia de Pb en los cultivos de cacao se debe al uso de fungicidas con concentraciones altas que se acumulan en los suelos.

Los resultados de arsénico presente en muestras de cacao, no representan significancia entre sus valores de media, el valor más significativo se observó en c2: Forastero 2,09 mg/Kg), Así mismo en (a0: Criollo 1,19 mg/Kg). Los límites de concentración de arsénico son regulados dentro de un rango permisible por el “Codex alimentario” en el cual se establece un nivel máximo de 1 mg/kg y a la vez se describe a la NTE INEN 621:2010 (Instituto Ecuatoriano de Normalización) que establece los límites máximos permitidos de metales tóxicos en cacao y derivados con un valor de 0,5 mg/kg para el Arsénico (As); por lo tanto, los resultados de los diferentes cacaos no cumplen con las normativas permisibles. Según Cobeña, J (2019) en “*Estudio de metales pesados presente en plantaciones de cacao nacional cultivadas en la provincia de los Ríos*” recalca recalcar que la norma INEN

menciona que el cacao utilizado para la elaboración de subproductos debe estar limpia y sana. Además, hace énfasis que los residuos de sustancias tóxicas no deben superar los límites establecidos emitidos por entidades reguladoras internacionales.

4.2.4. Respecto a los resultados del estudio de las propiedades bromatológicas de la elaboración de chocolate, de acuerdo a sus localidades, tipos de cacao y métodos de fermentación (Interacción ABC).

- **pH.**

Respecto a la variable pH presente en muestras de cacao para la elaboración de chocolate, se demostró que el mayor valor presenta el tratamiento a0b0c1: (Buena Fe + Criollo + Sacos de yute 5,66 pH); mientras el menor valor se obtuvo en el tratamiento a0b2c1: (Buena Fe + Forastero + Sacos de yute 4,95 pH). En el estudio de Peláez, P. Guerra, S. Contreras, D. (2016) con el tema “*Características físicas y químicas de granos de cacao (Theobroma cacao) fermentados con transferencia manual y semi-mecanizada, entre cajas de fermentación*” donde obtuvieron valores entre 4,80 - 6,20; cuyos valores antes mencionados están dentro del rango de pH.

- **Acidez.**

En los resultados de acidez titulable en las muestras de cacao para la posterior elaboración de chocolate, se observó un mayor valor en la interacción a0b2c0: Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada 6,69 %), mientras que el menor contenido se dio en la interacción (a1b0c0: Pangua + Criollo + Cajones en cascada 2,09 %). Ponce, J & Morales, K (2020) en el estudio titulado “*Caracterización de muestras de cacao nacional con diferentes métodos de fermentación para la elaboración de chocolate artesanal*”, obtuvieron valores de acidez en la almendra entre 0,75 - 1,54 y concluyen que el consumo de acidez en muestras de cacao depende del tipo de muestra que se analice, debido a que hay almendras que tienen mayor amargor.

- **Grasa.**

En cuanto a los valores obtenidos de la determinación de grasa en barras de chocolate, se obtuvieron mayores resultados en la interacción (a0b0c1: Buena Fe + Criollo + Sacos de yute 65,12 %), mientras que el grupo A (a0b2c0: Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada 24,30 %) se obtuvo el menor valor. Sánchez, A; Naranjo, J; Cordova, V & otros, en el estudio titulado *“Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (Theobroma cacao L.) en la Chontalpa, Tabasco, México”*, obtuvieron una cantidad de 48,19 – 55,32 % en grasa de chocolates puros con cacao nacional; indican que este porcentaje depende en gran medida de la variedad de cacao empleado para su elaboración.

- **Energía.**

De acuerdo a los resultados de energía presente en barras de chocolate, se obtuvieron mayor contenido energetico en la interacción a0b1c0: (Buena Fe + Trinitario + Cajones en cascada 6,74 %), caso contrario ocurrió en la interacción a1b0c0: (Pangua + Criollo + Cajones en cascada 5,30 %) donde se observó menor contenido energetico. En referencia al contenido energetico en chocolates, Rivera, G (2019) en su trabajo de investigación titulado *“Estudio de barras energeticas de chocolates dirigidas para niños con azucar baja en la provincia de Los Ríos y Guayas”* obtuvo en los analisis bromatologicos resultados de energía que oscilan entre 5,2 – 8,3 %; cuyos resultados son caracteristicos de una barra de chocolate con la elaboración de cacao puro fino de aroma (nacional).

- **Proteína.**

Con respecto a los resultados de proteína en barras de chocolate, donde se obtuvo mayor valor en el tratamiento a1b0c1: (Pangua + Criollo + Sacos de yute 9,11 %), en tanto el menor contenido se dio en a0b0c1: (Buena Fe + Criollo + Sacos de yute 4,90 %). Sánchez, A; Naranjo, J; Cordova, V & otros, en el estudio titulado *“Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (Theobroma cacao L.) en la Chontalpa, Tabasco, México”* indican que la normativa NMX-F-061-1964, establece valores mínimos de

proteína en barras de chocolate 7.25%, un menor contenido de proteína influye en el déficit del contenido proteico que requiere aportar el chocolate en barra.

- **Humedad.**

El contenido de humedad de los chocolates en barra, muestra un mayor valor en la interacción a1b0c1: (Pangua + Criollo + Sacos de yute 7,01 %), mientras en el tratamiento a0b0c1: (Buena Fe + Criollo + Sacos de yute 4,30 %) presentó un valor inferior. Según Sánchez, A; Naranjo, J; Cordova, V & otros, en el estudio titulado “*Caracterización bromatológica de los productos derivados de cacao (Theobroma cacao L.) en la Chontalpa, Tabasco, México*” los valores aceptables dentro de lo que especifica la Norma Mexicana NMX-F-061-1964 oscilan entre 2.0%, cuyos valores no están dentro del rango de humedad presente en las muestras analizadas, ante ello recalcan que las diferencias de humedad entre estos productos no son significativas y podrían deberse principalmente a las medidas de las tabillas, al proceso, fecha de elaboración o al tipo de empaque. Es importante considerar que en el secado continúa la fase oxidativa iniciada en la fermentación y se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor.

- **Fibra.**

En los resultados de fibra de chocolate en barra, se presentaron mayores valores en las interacciones, a1b1c1: (Pangua + Trinitario + Sacos de yute 0,06 %); a1b0c1: (Pangua + Criollo + Sacos de yute 0,06 %), mientras que también se obtuvieron resultados estadísticamente indiferente en tratamiento como (a1b2c1: Pangua + Forastero + Sacos de yute 0,00 %. Bedoya, C (2018) en el estudio “*Metodologías para el análisis bromatológico, físico y químico del cacao fermentado y seco, dentro del marco normativo internacional*” obtuvo resultados de 7 g/100 g de barra de chocolate, considerándose porcentajes pocos significativos en la composición de chocolate negro. Aunque esto lo atribuye al cambio que cada tipo de cacao puede tener dependiendo de la zona donde ha sido cultivado tomando en cuenta las diferencias geofísicas que pueden afectar la calidad del grano.

- **Cenizas.**

El contenido de cenizas en chocolate, fluctuó entre 1,63 % el menor contenido en la interacción a0b2c1: (Buena Fe + Forastero + Sacos de yute) y el mayor contenido 2,02 % en la interacción a1b0c1: (Pangua + Criollo + Sacos de Yute 2,02). Según González, H. (2019) los valores obtenidos en el estudio varían considerablemente desde 2,30 % hasta 6,50 % debido que, probablemente la diferencia se deba al tipo de cacao empleado para la elaboración de estos productos. Diversos factores influyen en la fermentación del cacao, entre ellos el tipo de cacao. Braudeau, E; indica que es posible que las muestras con mayor contenido de cenizas contengan algún ingrediente diferente al cacao en mayor proporción y a su vez en el contenido de minerales en las muestras de chocolate.

4.2.5. Respecto a los resultados de las características sensoriales del chocolate.

En lo referente a las variables evaluadas en el análisis sensorial se determinó que existió diferencia significativa entre los resultados de las interacciones según la escala obtenida.

- **Aroma.**

Aroma presentó mayor valor con media de 4,3 en **a1b0c1** (Pangua + Criollo + Sacos de Yute), frente al menor valor con 1,8 en **a0b1c0** (Buena Fe + Trinitario + Cajones de cascada), estos resultados son semejantes a lo reportado por Álava, J. (2016) en su investigación “Efecto tiempo - temperatura de tostado del cacao fino de aroma, en sus características fisicoquímicas y organolépticas” con valores de 4,2 a 2,3. De esta forma se hace énfasis que las temperaturas durante el proceso fermentativo y el tostado deben manejarse adecuadamente para no eliminar los atributos aromáticos en los cacaos finos de aroma.

- **Acidez.**

En el perfil acidez, el valor más alto presenta una intensidad de 3,8 las interacciones **a1b0c0** (Cantón Pangua + Criollo + Cajones en cascada; **a1b0c1**: Cantón Pangua + Sacos de Yute) para esta categoría. Mientras que la menor intensidad con media de 2,0 se ubicó en el tratamiento: **a0b0c0** (Cantón Buena Fe + Criollo + Cajones en cascada. Por lo tanto, estos valores guardarían relación con lo reportado por Jiménez, J. Amores, F. & Otros (2014) en su estudio “*Componentes de identidad para reconocer las diferencias del cacao que se produce en varias regiones del Ecuador*” quienes mencionan valores entre 1,1 a 4,8. A la vez resaltan que el sabor ácido se debe a ciertos ácidos que se forman durante la fermentación, como el acético que es volátil y el láctico que no es volátil, entre otros.

- **Astringencia.**

Referente a la astringencia las interacciones **a0b1c1** (Buena Fe+ Trinitario + Sacos de yute), **a1b1c1**: (Cantón Pangua + Trinitario + Sacos de yute) como la mejor con una baja intensidad de 1,7. Por consiguiente, la mayor escala de astringencia con media de 4,2 se presentó en las interacciones **a0b2c0** (Cantón Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada), **a0b2c1**: (Cantón Buena Fe + Forastero + Sacos de yute). Los resultados guardan relación a lo reportado por Jiménez, J. Amores, F. & Otros (2014) en su estudio “*Componentes de identidad para reconocer las diferencias del cacao que se produce en varias regiones del Ecuador*” donde mencionan valores de 0,70 a 4,8. Además se denota en esta investigación que los altos niveles de astringencia se deben a presencia de granos violeta, pizarrosos o poca fermentación.

- **Amargor.**

Con respecto a la variable amargor se identificó el valor más alto con media de 4,7 en la interacción **a1b2c0** (Cantón Pangua + Criollo + Sacos de yute). En cuanto al menor valor se ubicaron en las interacciones **a0b2c0**: (Cantón Buena Fe + Forastero + Cajones en cascada), **a0b2c1**: (Cantón Buena Fe + Forastero + Sacos de yute) con media de 2,7. Estos valores son semejantes a lo planteado por Álava, J. (2016) en su investigación “*Efecto tiempo –*

temperatura de tostado del cacao fino de aroma, en sus características fisicoquímicas y organolépticas” que reporta un rango de 2 a 5. En esta investigación se recalca que los altos niveles de amargor están asociados a ciertas variedades de cacao o una fermentación insuficiente.

- **Sabor.**

En cuanto a los perfiles sensoriales del sabor, las interacciones **a0b0c1** (Cantón Buena Fe + Criollo + Sacos de yute), **a1b0c1** (Cantón Pangua + Criollo + Sacos de yute) predomina el mayor resultado con valores de 4,2. En cuanto al menor valor presentaron las interacciones **a1b1c1** (Cantón Pangua + Trinitario + Sacos de yute); **a1b2c1** (Cantón Pangua + Forastero + Sacos de yute) con media de 2,3 respectivamente. De esta forma los valores antes mencionados, guardan relación con lo determinado por Jiménez, J. Amores, F. & Otros (2014) en su estudio *“Componentes de identidad para reconocer las diferencias del cacao que se produce en varias regiones del Ecuador”* quienes reportan en la Provincia Los Ríos, para los sabores cacao, nuez, frutal, floral y dulce valores de 2,4 a 4,5 respectivamente.

- **Calidad.**

Respecto a la puntuación obtenida en la calidad, se demostró el mayor puntaje en la valoración en los tratamientos (**a0b0c1**: Buena Fe + Criollo + Sacos de yute; **a1b0c0**: Pangua + Criollo + Cajones en cascada; **a1b0c1**: Pangua + Criollo + Sacos de yute; **a1b1c1**: Pangua + Trinitario + Sacos de yute) debido a que presentaron una excelente calidad con un valor de 8 a 10 haciendo referencia a su escala de calidad en la ficha sensorial. Mientras que **a0b2c1** (Buena Fe + Forastero + sacos de yute) presentó la menor puntuación con 3,08 obteniendo una calidad mala. Demostrando de esta forma según Acebo, M. (2016) *“Estudios industriales - Industria del cacao”* que la calidad del cacao está relacionada con los tipos genéticos, condiciones medio ambientales del sitio donde se encuentra el cultivo; actividades post cosecha.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

- Los contenidos de metales pesados (Cadmio, plomo, arsénico) en tipos de muestra, localidades y tipos de cacao se encuentran estadísticamente similares en los resultados obtenidos; referente a localidades de estudio se observó diferencia significativa mostrando valores bajos hacia la parte subtropical de la provincia de Cotopaxi Cantón Pangua. Por lo expuesto, el Cantón Pangua de la provincia de Cotopaxi, se encuentra dentro de los límites máximos permisibles de metales pesados establecidos por las normativas internacionales vigentes.
- Los niveles de los metales pesados obtenidos en los granos de cacao nacional en cuando al cadmio se presentó un valor admisible (0,51 mg/Kg) por países que tienen normativas con niveles admisibles de ingreso de cacao nacional (0,5 mg/Kg), mientras que en los contenidos de plomo (2,89 mg/Kg) y arsénico (2,04mg/Kg) no cumplen con normativas internacionales actuales para establecer su grado de calidad y aceptación.
- Para los resultados de las propiedades bromatológicas del chocolate se determinó diferencia significativa con valores óptimos en las variables: pH (**a0b0c1**: 5,66 pH); acidez (**a0b2c0**: 6,69 %); grasa (**a0b0c1**: 65,12 %); energía (**a0b1c0**: 6,74 %); proteína (**a1b0c1**: 9,11 %); humedad (**a1b0c1**: 7,01 %); ceniza (**a1b0c1**: 2,02 %); y contenido de fibra (**a1b1c1** y **a1b0c1**: 0,06 % respectivamente).
- Con respecto al análisis sensorial en el chocolate, según la determinación de los jueces se observaron los mejores resultados en las variables: aroma (**a1b0c1**: media de 4,3); acidez (**a1b0c0** y **a1b0c1**: media de 3,8 respectivamente); astringencia (**a0b2c0** y **a0b2c1**: ambos con una media de 4,2); amargor (**a1b0c1**: media de 4,7); sabor (**a0b0c1** y **a1b0c1**: ambos con media de 4,2). En cuanto a las características: sabor dulce (**a0b0c0** y **a1b0c0**: ambos con media de 0,7); frutas secas, (**a1b0c1**:

media de 1,0); frutas frescas (**a0b0c1** y **a1b0c1**: ambos con una media de 3,3), especias, (**a0b2c0**: con media de 1,2). Las mejores características sensoriales y nutricionales según los resultados de la valoración de los jueces sobre cada tratamiento, se obtuvieron en los tratamientos (**a0b0c1**, **a1b0c0**, **a1b0c1**, **a1b1c1**) debido a que presentaron una excelente calidad según las diferentes variables evaluadas, obteniendo puntuación dentro un rango de 8 a 10 según la escala de calidad detallada en la ficha sensorial, hace referencia entre calidad buena y excelente.

5.2. Recomendaciones.

- Los agricultores deben solicitar a las exportadoras e institutos de investigación de cacao nacional en Ecuador, capacitaciones sobre técnicas de manejo de agroquímicos fertilizantes fosfatados y también en el manejo de riego en plantaciones, para obtener una productividad ambientalmente sostenible.
- Implementar la agricultura de precisión, aportando los nutrientes y condiciones necesarias para lograr un óptimo desarrollo en las plantaciones de cacao de fino aroma.
- Evaluar el uso de clones con resistencia a plagas, enfermedades y con mayor rendimiento, como los desarrollados por el INIAP (EET-96, EET-103, EET-544, etc) con la finalidad de repotenciar la producción de cacao fino aroma.

CAPITULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía.

- [1] A. Abad , C. Acuña y E. Naranjo , «El cacao en la Costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica,» *Estudios de la Gestión: revista internacional de administración*, vol. 1, nº 7, pp. 59-83, 2020.
- [2] N. Florida , «Revisión de los límites máximos de cadmio en cacao (Theobroma cacao L.),» *La Granja: Revista Ciencias de la Vida* , vol. 1, nº 5, pp. 5-7, 2021.
- [3] FAO, «Norma General para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos - Codex Stan 193-1995,» *CODEX ALIMENTARIUS*, pp. 41-43, 2015.
- [4] L. Díaz , E. Mendoza , M. Bravo y Dominguez Neri, «Determinación de Cadmio y Plomo en almendras de cacao (Theobroma cacao), proveniente de fincas de productores orgánicos del cantón Vinces.,» *Espiraes* , vol. 2, nº 15, pp. 2-5, 2018.
- [5] J. Prieto Mendez , F. Prieto García y C. Gonzalez Ramirez , «Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua,» *Agrocosyst*, 2009, pp. 29-44.
- [6] N. Dostert, J. Roque, A. Cano, M. La Torre y M. Weigend, «Hoja botánica: Cacao,» Lima, Giacomotti Comunicación Gráfica S.A.C, 2011, pp. 3-17.
- [7] L. Batista, «Guía Técnica: El Cultivo de Cacao,» *Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal*, vol. I, pp. 10-14, 2019.
- [8] A. Young, «The chocolate tree: A natural history of cacao,» *Smithsonian Inst. Press.*, 1994.
- [9] G. Perez, C. Chimborazo y J. Freile, «Caracterización in situ de la variabilidad morfológica del cacao (Theobroma cacao L.) de la Provincia de Pastaza.,» *Revista Amazonica Ciencia y tecnología*, vol. 4, nº 2, pp. 146-165, 2015.
- [10] M. Quintero y K. Díaz, «El mercado mundial del cacao,» *Agroalimentaria*, vol. 9, nº 18, 2004.
- [11] H. Aguilar, Manual para la evaluación de la calidad del grano de cacao, Honduras: Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, 2016.
- [12] O. Arévalo Castro, C. Sánchez Soledispa, D. Zambrano Vera, V. Macas Espinosa, B. Pernía Santos, D. García Asencio y D. Jiménez Salazar, «Estudio de Línea Base de las Concentraciones de Metales Pesados en Chocolate en Polvo Comercializado en Guayaquil, Ecuador,» *Investigatio UEES*, vol. 1, nº 16, p. 62–77., 2021.

- [13] Anacafé, «Asociación Nacional del Café,» Julio 2014. [En línea]. Available: <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2016/05/Cultivo-de-Cacao.pdf>.
- [14] N. Dostert , J. Roque y A. Cano, *Botanica Del Cacao*, Lima: Giacomotti Comunicación Gráfica A.C., 2011.
- [15] R. Rivera y F. Mecías , *Efecto Del Tipo Y Tiempo De Fermentación En La Calidad Física y Química Del Cacao (Theobroma cacao L.) tipo Nacional*, Ciencia y Tecnología, 2012.
- [16] J. Motamayor, A. Risterucci, M. Heath y C. Lanaud, «Cacao domestication II: Progenitor germplasm of the trinitario cacao cultivar,» *Heredity*, vol. 3, nº 91, pp. 322-330, 2003.
- [17] E. Ordoñez, M. López y E. Giordani, «Estudio de la diversidad genética de cacao criollo en Honduras con marcadores moleculares SSR,» *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola*, pp. 2-35, 2017.
- [18] J. Motamayor, P. Lachenaud, J. Wallance da Silva, R. Loor, D. Kuhn, S. Brown y R. Schnell, «Geographic and Genetic Population Differentiation of the Amazonian Chocolate Tree (*Theobroma cacao* L),» *PLOS ONE*, vol. 3, nº 10, Octubre 2008.
- [19] A. Vázquez, F. Molina, J. Nuñez y M. Salvador, «Potencial de los Marcadores Moleculares para el Rescate de Individuos de *Theobroma cacao* L. de Alta Calidad,» *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*, vol. 16, nº 1, pp. 36-45, 2012.
- [20] J. Motamayor, A. Riesterucci, P. Lopez, C. Ortiz, A. Moreno y C. Lanaud, «Cacao domestication I: the origin of the cacao cultivated by the Mayas,» *Heredity*, vol. 89, pp. 380-386, 2002.
- [21] L. Rufino, «Fortalecimiento de la cadena productiva de cacao, en las provincias de San Ignacio, Jaén y Celendín,» *Expediente Técnico*, 2008.
- [22] C. Suárez, F. Mite, M. Moreira y J. Vera, «Manual del cultivo de cacao,» *Estación Experimental Tropical Pichilingue del INIAP*, vol. 2, nº 25, pp. 25-89, 1987.
- [23] E. Quingaísa y H. Riveros, «Estudio de caso: Denominación de origen "Cacao Arriba",» *Consultoría realizada para la FAO y el IICA en el marco del estudio conjunto sobre los productos de calidad vinculada al origen*, vol. 1, pp. 10-55, 2007.
- [24] K. Pazmiño, «Estudio del comportamiento de Fructosa, Glucosa y Sacarosa en almendras de cacao de producción nacional durante la fermentación,» *Escuela Superior Politecnica de Chimborazo*, 2005.

- [25] R. Escobar, «Comportamiento de seis clones de "cacao" (*Theobroma cacao* L.) en Guasaganda, provincia de Cotopaxi, Ecuador,» *Universidad Politécnica Salesiana*, vol. 1, nº 7, pp. 9-12, 2008.
- [26] S. Fernandez y R. Brezan, *Cultivo Del Cacao*, México : Agrorevis S.A , 2016.
- [27] J. Fernández Schwank y R. Brezan, «Valor Nutritivo de la cáscara del cacao,» *Revista agricultura*, vol. 3, nº 31, 2016.
- [28] J. Alegria , *Tipos de fermentación de cacao nacional*, Perú, 2016.
- [29] G. Acebey y A. Rodríguez, *Manual sobre el manejo post-cosecha del cacao*, República Dominicana: CONACADO, 2016.
- [30] N. Vilchez Vargas , «Repositorio Institucional Universidad Nacional de San Martín: Tesis de Pre Gdado, "Efecto del material del fermentador en el grado de fermetación",» 2017. [En línea]. Available: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2550>. [Último acceso: 15 Mayo 2021].
- [31] L. Cardona , «"Influencia del proceso de fermentación sobre las características" (Tesis de Pre Grado),» 2017. [En línea]. Available: <http://bdigital.unal.edu.co/57686/1/43987710.2017.pdf>. [Último acceso: 15 Mayo 2021].
- [32] R. Erazo y C. Mendoza , «Repositorio digital ESPE: Evaluación de la aplicación de *Lactobacillus fermentum* y *Acetobacter aceti*, en la fermentación del cacao CCN-51 y su efecto en la calidad de las almendras. (Tesis de pre grado),» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/10232>. [Último acceso: 15 Mayo 2021].
- [33] R. Loor y T. Casanova , «Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y Café: (Publicación Miscelánea No. 433),» 2016. [En línea]. Available: <http://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/4387/1/iniapeetpPM433Protocolo%2005.pdf>. [Último acceso: 15 Mayo 2021].
- [34] A. Dubón, «Protocolo para el Beneficiado y Calidad del Cacao,» *Fundación Hondureña de Investigación Agrícola, FHIA.*, p. 8, 2016.
- [35] N. Bravo Cueva y F. Mingo Morocho , «Repositorio digital (Tesis): Valoración de tres métodos de fermentación y secado para mejorar la calidad y rentabilidad del cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* l.) en la parroquia Panguintza del cantón Centinela del Cóndor, provincia de Zamora Chinchipe.,» 2016. [En línea]. Available: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/4951>. [Último acceso: 15 Mayo 2021].

- [36] V. Balarezo Soria, La asociatividad y su incidencia en las condiciones económicas de los productores de cacao de la parroquia Moraspungo, cantón Pangua (Tesis Posgrado), Ambato, 2017.
- [37] F. Lino Palpa , Determinación de la concentración de metales en la almendra de cacao en la Cooperativa Agropecuaria Bella en la Provincia de Leoncio Prado-Huánuco y posibles consecuencias de riesgos a la salud (Tesis), Perú, 2019.
- [38] A. Chávez , Chemical speciation of cadmium: An approach to evaluate plant-available cadmium in Ecuadorian soils under cacao production, *Chemosphere* 1, 2016.
- [39] A. Valenzuela, «El chocolate, un placer saludable,» *Revista Chilena de nutrición*, vol. 34, nº 3, Septiembre 2007.
- [40] FAO, «FAO: Anteproyecto de Niveles Máximos para el Cadmio en el Chocolate y Productos.,» 12 Diciembre 2016. [En línea]. Available: http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCCCF/cccf9/cf09_06s.pdf. [Último acceso: 16 Mayo 2021].
- [41] INVIMA, «Programa Nacional de Vigilancia y Control de Cadmio en Productos Derivados del Cacao,» 08 Junio 2016. [En línea]. Available: Obtenido de https://www.invima.gov.co/images/pdf/inspeccion_y_vigilancia/direccion-alimentos/subsectoriales/Documento-tecnico-Cadmio-en-cacao.pdf. [Último acceso: 21 Marzo 2021].
- [42] M. Zia-UR-Rehman , M. Sabir, M. Rizwam, U. Saifullah y H. Ahmed , «Remediating Cadmium-Contaminated Soils by Growing Grain Crops Using Inorganic Amendments.,» de *Soil remediation and plants* , pp. 367-396.
- [43] M. Roberts , «Cadmium and phosphorous fertilizers: The issues and the science.,» *Procedia Engin* 83, 2014, pp. 52-59.
- [44] H. Guo, S. Luo, L. Chen, X. Xiao, Q. Xi, W. Wei, K. Zeng, J. Chen y Y. He, «Bioremediation of heavy metals by growing hyperaccumulaor endophytic bacterium *Bacillus* sp. L14.,» *Hong Kong, Biores. Technol* 101(22):8599 - 8605. Doi: 10.1016/j.biortech.2010.06.085., 2010.
- [45] Reglamento (UE) N° 488/2014, «Unión Europea,» 12 Mayo 2014. [En línea]. [Último acceso: 16 Mayo 2021].
- [46] A. Rubio, M. Gutiérrez , C. Izquierdo, G. Revert y A. Lozano, «El plomo como contaminante alimentario,» *Revista de Toxicología de España*, pp. 72-80, 2005.
- [47] N. Kounang, «¿Plomo en tu chocolate?,» *CNN ESPAÑOL*, pp. 2-5, 2016.

- [48] C. Rankin, J. Nriagu, J. Aggarwal, T. Arowolo, K. Adebayo y R. Flegal , «Lead Contamination in Cocoa and Cocoa Products,» de *Isotopic Evidence of Global Contamination*, Nigeria , Environ Health, 2005, p. 1344–1348.
- [49] Codex Alimentarius , «Norma para el chocolate y los productos del chocolate,» de *Codex Alimentarius* , FAO - OMS, 2016, pp. 87 - 198 .
- [50] R. Mohamed, B. Zainudin y A. Yaakob, «Method validation and determination of heavy metals in cocoa beans and cocoa products by microwave assisted digestion technique with inductively coupled plasma mass spectrometry,» *Food Chem*, vol. 303, nº 1, p. 125392, 2020.
- [51] J. Alvarez Andrade , Acumulación de metales pesados (Pb y Cd) en almendras de cacao durante el proceso de fermentación y secado., México: Escuela Secundaria Técnica México, 2018.
- [52] I. Dueñas , Evaluación De La Incidencia De La Fermentación En La Calidad Del Grano de Cacao, San Salvador : Facultad de Ciencias Agronómicas , 2017.
- [53] J. Vera Chang y K. Alvarado Vásquez, “Fermentación de cacao (theobroma cacao l.) con adición de levadura (saccharomyces cerevisiae) y ENZIMA (PPO’S) en la disminución de metales pesados”.., Quevedo: Repositorio digital: Universidad Técnica Estatal de Quevedo , 2021.
- [54] H. Horta, Á. Sandoval, G. María y I. Cerón, «Evaluación De La Fermentación Y Calidad Final De Cinco Clones De Cacao Proveniente Del Departamento Del Huila,» *Calidad en Cacao*, vol. 86, nº 210, p. 7, 2019.
- [55] C. Mendoza, y K. Bermúdez, Post-Cosecha y secado del grano del cacao nacional fino y de aroma para la determinación de perfiles físicos, bromatológicos y organolépticos, Calceta: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, 2016.
- [56] R. Rivera, F. Mecías, M. Guzmán, M. Peña y H. Medina, Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (Theobroma cacao L.) Tipo Nacional, Quevedo: Unidad De Investigación Científica Y Tecnológica, Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2016.
- [57] H. HuamanI Yupanqui, M. Huauya Rojas, L. Mansilla Minaya, N. Florida Rofner y G. Neira Trujillo, «Presencia de metales pesados en cultivo de cacao (Theobroma cacao L.) orgánico,» *La Agronomica*, vol. 61, nº 4, 2018.
- [58] J. Lanza y P. Churión, «Evaluación del contenido de metales pesados en cacao (teobroma cacao l.) De santa bárbara del zulía, Venezuela.,» *Instituto Nacional de Nutrición, Laboratorio de Análisis Físicoquímico*, vol. 28, nº 1, 2016.

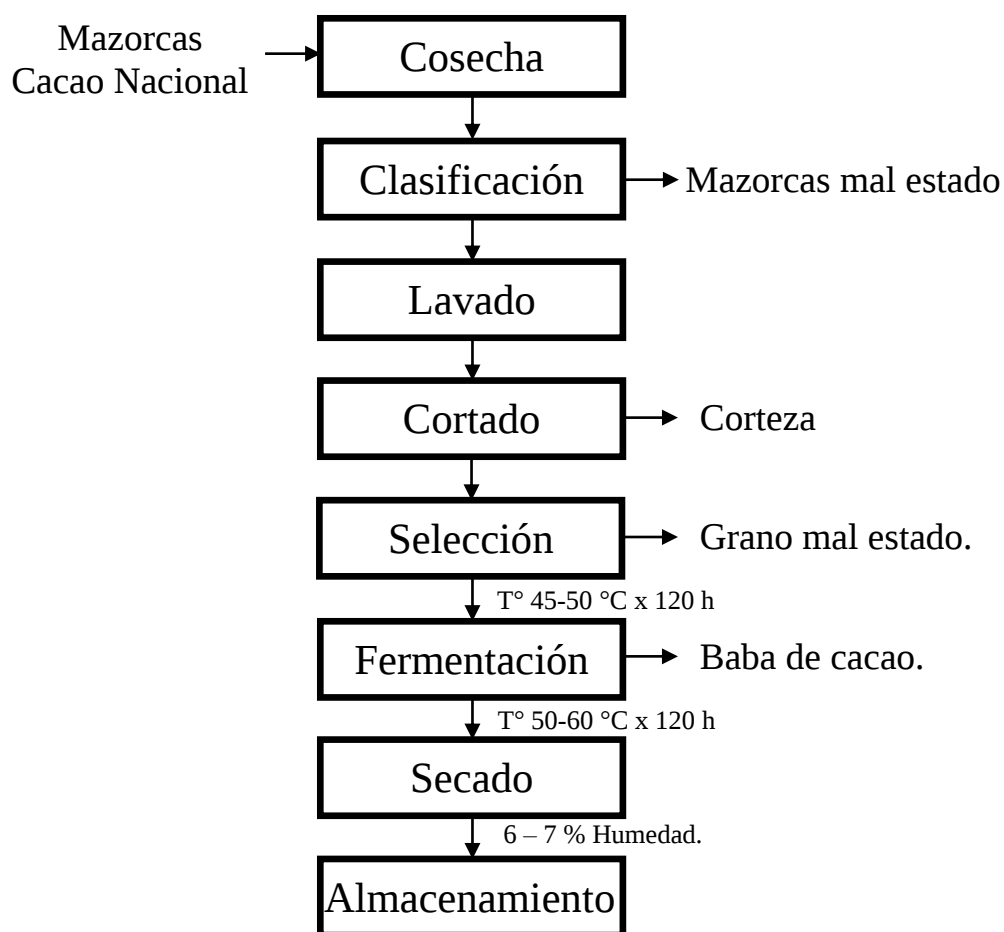
- [59] J. Neira Mosquera, Y. Revilla Escobar, J. Aldas Morejon y S. Sánchez Llaguno, «Métodos de fermentación del cacao nacional (theobroma cacao) y su influencia en las características físico-químicas, contenido de cadmio y perfiles sensoriales,» *Revista de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*, vol. 1, 2021.
- [60] S. Tigselema Zambrano, J. Vera Chang, S. Ordoñez Choez, G. Segovia Freire, G. Vásconez Montúfar y J. Rosero Zambrano, «Elaboración de chocolate de siete genotipos experimentales de cacao (Theobroma cacao L.) seleccionados en la Finca Experimental La Represa,» *Revista Ciencia y Tecnología*, vol. 11, nº 2, pp. 39-45, 2018.
- [61] D. Diaz Requelme, Evaluación de los parámetros de calidad mediante la identificación de las características organolépticas del Cacao de Exportación en el Ecuador., Machala: Repositorio digital: Universidad Técnica de Machala, 2021.
- [62] N. INEN, Cacao En Grano. Requisitos, Quito: INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, 2006.
- [63] N. INEN, Requisitos Chocolates., Quito : Instituto Ecuatoriano De Normalización, 2010.
- [64] U. Europea, Reglamento (Ce) No 1881/2006 por lo que respecta al contenido máximo de cadmio en cacao., Unión Europea, 2014.
- [65] N. Mexicana, Norma Mexicana-061-1964. cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Métodos de prueba, México , 2013.
- [66] NTE INEN 176, Granos de cacao: Requisitos, Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización , 2018.
- [67] J. Oliveras, La elaboración del chocolate, una técnica dulce y ecológica, México, 2017.
- [68] W. Oc , C. Gonza , W. Guzmán y E. Pariente , Bioacumulación de cadmio en el cacao (Theobroma cacao) en la Comunidad Nativa de Pakun, Pakun - Perú, 2018.
- [69] I. I. C. a. IICA, El cadmio en cacao, importancia, experiencias y soluciones., San José - Costa Rica: IICA, 2016.
- [70] P. E. Pérez García y M. Azcona Cruz, «Los efectos del Cadmio en la salud,» *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, pp. 199-205, 2017.
- [71] Comisión Europea, «Reglamento UE N° 488/2014 de la comisión,» 12 Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal->

- [72] W. Teneda Llerena, «Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao (Theobroma cacao L.),» *Universidad Internacional de Andalucía*, pp. 43-64, 2016.
- [73] M. De la Cruz, R. Whitkus, A. Gómez-Pompa y L. Mota-Bravo, «Origins of cacao cultivation,» *Nature*, nº 375, pp. 542-543, 1995.
- [74] C. Avendaño, J. Villarreal, E. Campos, R. Gallardo, A. Mendoza, J. Aguirre, A. Sandoval y S. Espinoza, Diagnóstico del cacao en México, Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo, 2011, pp. 16-22.
- [75] C. Álvarez, E. Pérez y M. Lares, «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, 2007.
- [76] J. Ruperty Parraga y J. Sanchez Marceliano , Quevedo : Universidad Técnica Estatal de Quevedo , 2021.
- [77] Inducacao S.A., Elaboración de chocolate artesanal 100% cacao nacional, Manta: Inducacao S.A. , 2021.
- [78] A. Capar, Nivel máximo admisible en alimentos manteca y polvo de cacao., Veracruz, 2017.

CAPITULO VII

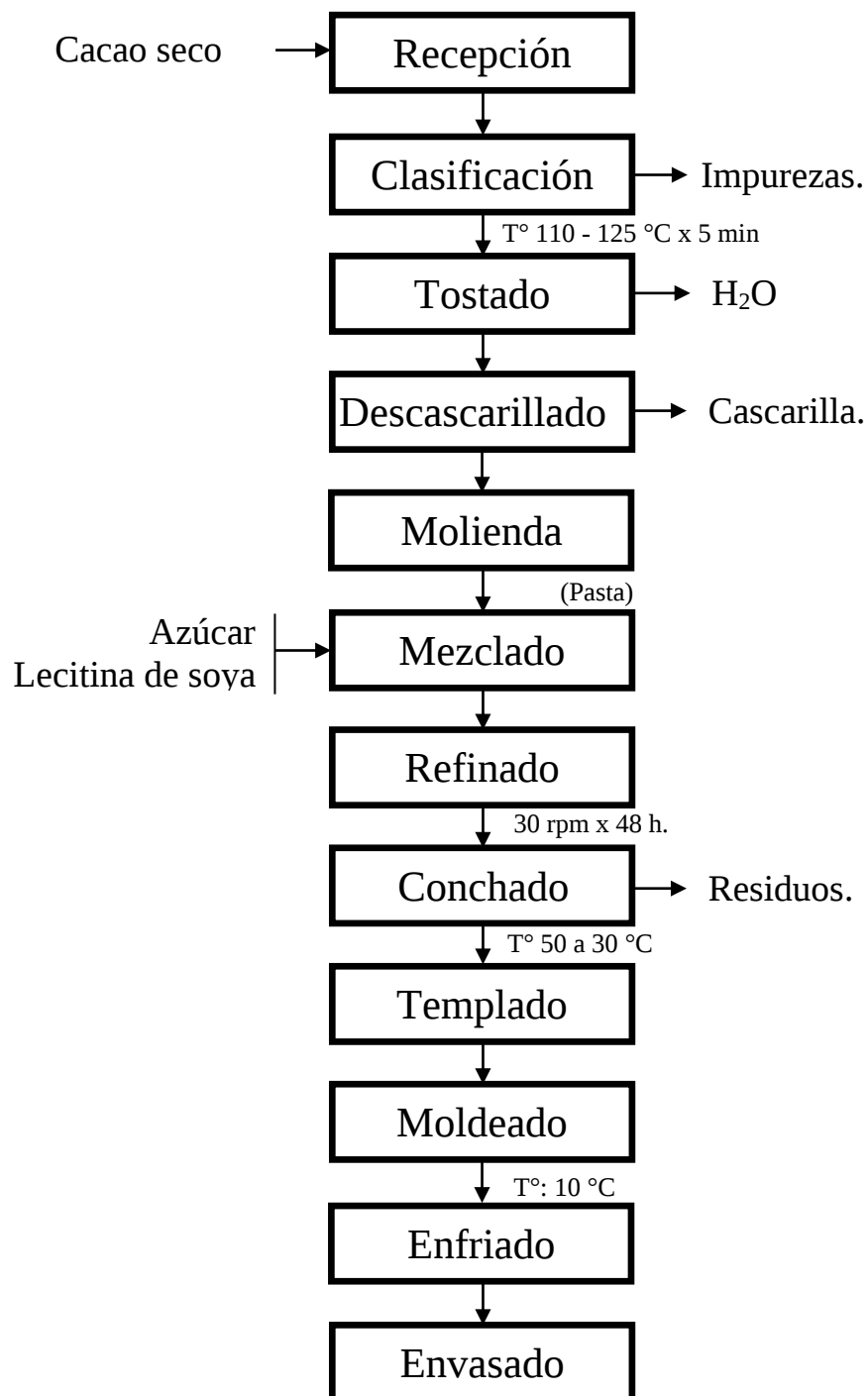
ANEXOS

Anexo 1: Flujograma de proceso de fermentación de cacao nacional (*Teobroma cacao L*).



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Anexo 2: Flujograma de proceso para la elaboración de chocolate.



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Anexo 3. Cuadro general de resultados de metales pesados presentes en cacao nacional (*Teobroma cacao L.*); según tipos de muestra, localidades y tipos de cacao.

Tipo muestra	Localidades	Tipos de cacao	Cadmio	Plomo	Arsénico
Corteza	Buena Fe	Criollo	0,88	3,83	1,33
Corteza	Buena Fe	Trinitario	0,83	3,82	2,67
Corteza	Buena Fe	Forastero	0,88	3,50	2,67
Corteza	Pangua	Criollo	0,01	1,00	0,67
Corteza	Pangua	Trinitario	0,05	1,83	0,57
Corteza	Pangua	Forastero	0,02	2,17	0,73
Hojas	Buena Fe	Criollo	0,83	3,50	1,33
Hojas	Buena Fe	Trinitario	0,88	3,33	2,67
Hojas	Buena Fe	Forastero	0,85	3,67	3,17
Hojas	Pangua	Criollo	0,01	2,33	0,53
Hojas	Pangua	Trinitario	0,60	1,67	0,47
Hojas	Pangua	Forastero	0,82	1,67	1,17
Grano	Buena Fe	Criollo	0,90	4,33	2,83
Grano	Buena Fe	Trinitario	0,92	4,33	3,67
Grano	Buena Fe	Forastero	0,85	4,67	4,33
Grano	Pangua	Criollo	0,01	1,00	0,43
Grano	Pangua	Trinitario	0,01	1,33	0,50
Grano	Pangua	Forastero	0,35	1,67	0,50

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Anexo 4. Cuadro general de resultados de análisis bromatológicos del chocolate, según sus localidades, tipos de cacao y métodos de fermentación.

Localidades	Tipos de Cacao	Método de Fermentación	pH	Acidez	Grasa	Energía	Proteína	Humedad	Ceniza	Fibra
Buena Fe	Criollo	Cajones en Cascada	5,48	2,378	29,95	5,97	6,41	4,51	1,88	0,00
Buena Fe	Criollo	Sacos de Yute	5,66	5,937	65,12	6,05	4,90	4,30	1,79	0,00
Buena Fe	Trinitario	Cajones en Cascada	5,58	5,441	45,04	6,74	5,91	4,90	1,89	0,00
Buena Fe	Trinitario	Sacos de Yute	5,55	5,306	36,59	6,32	6,61	5,21	1,91	0,00
Buena Fe	Forastero	Cajones en Cascada	5,44	6,686	24,30	6,36	6,30	5,41	1,66	0,00
Buena Fe	Forastero	Sacos de Yute	4,95	5,428	42,20	5,42	6,71	6,11	1,63	0,00
Guapara	Criollo	Cajones en Cascada	5,59	2,094	43,14	5,30	7,71	5,90	1,99	0,00
Guapara	Criollo	Sacos de Yute	5,54	2,936	41,20	6,71	9,11	7,01	2,02	0,06
Guapara	Trinitario	Cajones en Cascada	5,63	3,665	33,46	5,94	7,90	6,10	1,89	0,00
Guapara	Trinitario	Sacos de Yute	5,57	4,123	26,06	6,54	8,91	6,91	1,93	0,06
Guapara	Forastero	Cajones en Cascada	5,52	6,102	43,26	5,82	8,71	5,70	1,94	0,00
Guapara	Forastero	Sacos de Yute	5,47	5,114	41,37	5,74	8,50	5,81	1,87	0,00

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Anexo 5: Normativas utilizadas para la discusión de datos.



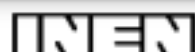
Quito – Ecuador

**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 176
Quinta revisión
2018-02

GRANOS DE CACAO. REQUISITOS

COCOA BEANS. REQUIREMENTS



INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN

Quito - Ecuador

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA

NTE INEN 621:2010
Tercera revisión

CHOCOLATES. REQUISITOS.

Primera Edición

CHOCOLATES. SPECIFICATIONS.

First Edition

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, chocolates, chocolates, requisitos.

AL 02.06-407

CDU: 663.914

OTC: 0112

CODEX ALIMENTARIUS

NORMAS INTERNACIONALES DE LOS ALIMENTOS



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Organización
Mundial de la Salud

E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

CODEX ALIMENTARIUS

NORMAS INTERNACIONALES DE LOS ALIMENTOS



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Organización
Mundial de la Salud

CODEX ALIMENTARIUS

NORMAS INTERNACIONALES DE LOS ALIMENTOS



Organización de las Naciones
Unidas para la Alimentación
y la Agricultura



Organización
Mundial de la Salud

E-mail: codex@fao.org - www.codexalimentarius.org

NORMA PARA EL CACAO EN PASTA (LICOR DE CACAO/CHOCOLATE) Y TORTA DE CACAO

CODEX STAN 141-1983

Adoptada en 1983. Revisada en 2001. Enmendada en 2014.

Anexo 6: Resultados de análisis de metales pesados en muestras de cacao nacional (*Teobroma cacao* L.).



INFORME DE RESULTADOS

INF-DN-FQ-47988a

UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE OUEVEDO

Descripción:	GRANOS DE CACAO FERMENTADO Y FRESCO		
Lote:	---	Contenido Declarado:	200g
Fecha de Elaboración:	---	Fecha de Vencimiento:	---
Fecha de Recepción:	2020-03-12	Hora de Recepción:	12:36:18
Fecha de Análisis:	2020-03-13	Fecha de Emisión:	2020-04-13
Material de Envase:	---		
Toma de Muestra realizada por:	El Cliente		
Observaciones:	Los resultados reportados en el presente informe se refieren a los datos y las muestras entregadas por el cliente a nuestro laboratorio.		

CARACTERÍSTICAS DE LA MUESTRA

Color:	Característico	Olor:	Característico
Estado:	Sólido	Conservación:	Al Ambiente
Temperatura de la muestra:	AMBIENTE		

RESULTADOS FÍSICOQUÍMICO

PARAMETROS	RESULTADO	UNIDAD	METODO DE ANALISIS INTERNO	METODO DE ANALISIS DE REFERENCIA
²⁺ CADMIO	<0.01	mg/kg	MFQ-132	AOAC 999.11 Absorción Atómica
³⁺ ARSENICO	<0.01	mg/kg	MFQ-106	AOAC 954.16 Absorción Atómica
PLOMIO	<0.01	mg/kg	MFQ-03	STANDARD METHODS 311.18-Cu
CENIZA	4.39	%	MFQ-01	AOAC 923.03

Nota 1: "Los resultados / la información, no forman parte del alcance de acreditación de Multianalityca Cia. Ltda., y fueron suministrados por N° SAE LCN 12-003, que no está acreditado para realizar dicha actividad.

Se prohíbe la reproducción del presente informe de resultados, excepto en su totalidad previa autorización escrita de Multianalityca Cia. Ltda.
Cualquier información adicional correspondiente a los ensayos está a disposición del cliente cuando lo solicite.
Toda la información relacionada con datos del cliente e ítems de ensayo (muestras) y que pueda afectar a la validez de los resultados, ha sido proporcionada y son responsabilidad exclusiva del cliente. El laboratorio se responsabiliza únicamente de los resultados emitidos los cuales corresponden a la muestra analizada y descrita en el presente documento.
El laboratorio declina toda responsabilidad, acerca de desvíos encontrados en las muestras entregadas por el cliente y que pueden afectar a la validez de los resultados, particular que es comunicado al cliente en caso de ser detectado por el laboratorio.


Ing. Lizeth Guayana
Jefe División Físico-Química



EDMUNDO CHERIBOGA NET-154 Y JORGE ANIBAL PAEZ
La Concepción - QUITO - PICHINCHA - ECUADOR
Tel: (52) 226 7865, 226 8743, 244 4670 / email: informes@multianalityca.com

Desarrollado por RocioSoft.com pag. 1/1

RFQ-7.3-01 / Edición RFQ-08

Fuente: Laboratorio De Análisis Y Aseguramiento De Calidad (Multianalitycacía.Ltda)

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Anexo 7: Proceso de obtención de cacao Nacional para su fermentación.

Cosecha



Clasificación



Fermentación

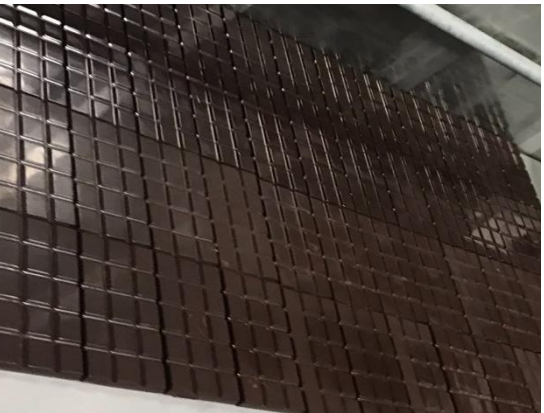
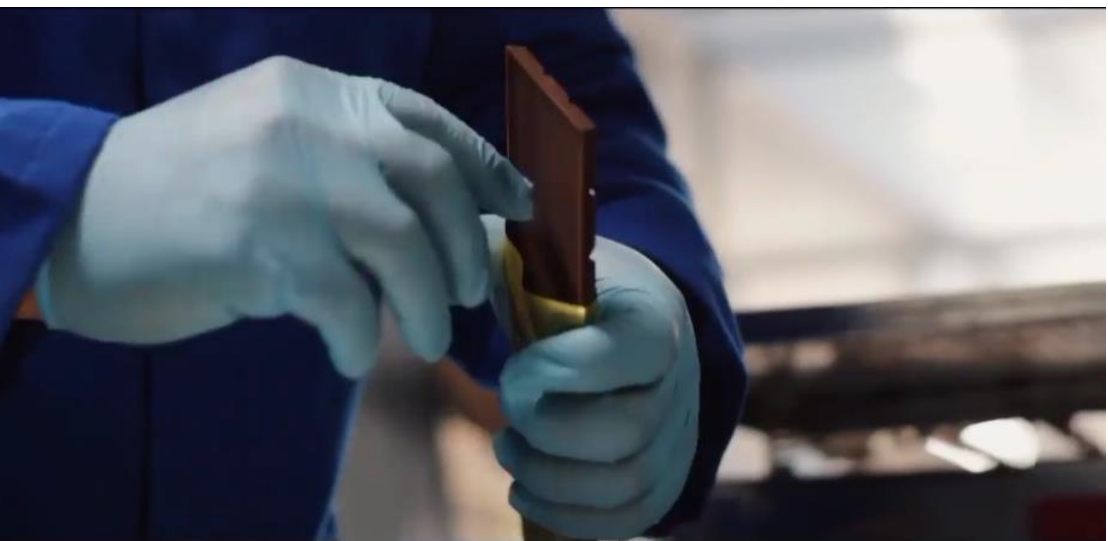




Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Anexo 8: Proceso de obtención de cacao Nacional para la elaboración de chocolate.



Tostado	Conchado
	
Moldeado	Chocolate
	
Empaquetado	
	

Fuente: Industria InduCacao S.A (2021).

Autores: Ruperty, J. & Sánchez, J. (2021).

Anexo 9: Preparación de muestras en estudio para los análisis de metales pesados.

Almendras.



Hojas.



Corteza.



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Anexo 10: Análisis físico – químicos y bromatológicos en muestras de chocolate.

Muestras chocolate.	
	
pH	Acidez
	
Energía.	Proteína.
	

Humedad.



Ceniza.



Grasa.



Fibra.



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Anexo 11: Catación de chocolate.



Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

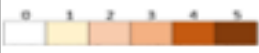
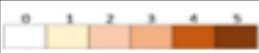
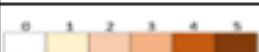
Anexo 12. Modelo ficha sensorial para la catación de chocolate.

ANÁLISIS SENSORIAL DEL CHOCOLATE

MUESTRA: _____
CATADOR: _____
FECHA: _____



FICHA DE CATACIÓN

CATEGORIAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE	
Aroma					X1	
Acidez					X1	
Astringencia					X1	
Amargor					X1	
Sabor	Cacao				X2	
	Dulce					
	Frutas secas					
	Frutas frescas					
	Especias					
	Otros				X1	
Comentarios:			PUNTOS DE CATADOR		X1	
			PUNTAJE FINAL			

ESCALA DE INTENSIDAD

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Caracteriza la muestra	Dominante	Extremo

0= Ausente sin presencia de este atributo
1= Apenas detectable, débil en su presencia
2= Presente, se percibe claramente
3= Caracteriza la muestra, una característica resaltante
4= Dominante, produce dificultad en percibir otras características de la muestra
5= Extremo, la presentación de este atributo es la más intensa posible para cacao en la memoria sensorial del catador

ESCALA DE CALIDAD

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

PÉSIMO = aproximadamente entre 0-2
MALO = aproximadamente entre 2-4
REGULAR = aproximadamente entre 4-6
BUENO = aproximadamente entre 6-8
EXCELENTE = aproximadamente entre 8-10

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).

Anexo 13. Ficha del examen sensorial de chocolate.

ANÁLISIS SENSORIAL DEL CHOCOLATE

MUESTRA: *Oboco*

CATADOR: *Erica Mendoza*

FECHA: *14 de Mayo de 2021*



FICHA DE CATACIÓN

CATEGORIAS		INTENSIDAD	DESCRIPTORES	CALIDAD (0-10)	PUNTAJE	
Aroma			<i>cacao, caramelo especias</i>	<i>9,5</i>	<i>x1</i>	<i>9,5</i>
Acidez			<i>cacao, dulce</i>	<i>10</i>	<i>x1</i>	<i>10</i>
Astringencia			<i>Amargo característico cacao</i>	<i>7</i>	<i>x1</i>	<i>7</i>
Amargor			<i>Amargor intenso</i>	<i>3</i>	<i>x1</i>	<i>3</i>
Sabor	Cacao		<i>Chocolate</i>	<i>7</i>	<i>x2</i>	<i>14</i>
	Dulce		<i>Panela.</i>			
	Frutas secas		<i>Almendras cacao</i>			
	Frutas frescas		<i>Noz.</i>			
	Espicias					
	Otros		<i>especias.</i>		<i>x1</i>	
Comentarios: <i>Sabor característico chocolate</i> <i>100% Nacional fino de Aroma.</i>			PUNTOS DE CATADOR	<i>9</i>	<i>x1</i>	<i>9</i>
			PUNTAJE FINAL			<i>52,5</i>

ESCALA DE INTENSIDAD

0	1	2	3	4	5
Ausente	Apenas detectable	Presente	Caracteriza la muestra	Dominante	Extremo

0= Ausente sin presencia de este atributo
 1= Apenas detectable, débil en su presencia
 2= Presente, se percibe claramente
 3= Caracteriza la muestra, una característica resaltante
 4= Dominante, produce dificultad en percibir otras características de la muestra
 5= Extremo, la presentación de este atributo es la más intensa posible para cacao en la memoria sensorial del catador

ESCALA DE CALIDAD

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

PÉSIMO = aproximadamente entre 0-2
MALO = aproximadamente entre 2-4
REGULAR = aproximadamente entre 4-6
BUENO = aproximadamente entre 6-8
EXCELENTE = aproximadamente entre 8-10

Autores: Ruperty J; Sánchez J. (2021).