



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS



**“ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE POLIFENOLES
TOTALES, ALCALOIDES Y GRASA EN ALMENDRAS DE CACAO FINO DE
AROMA EN TRES DIFERENTES ZONAS DE PRODUCCIÓN DE LA AMAZONÍA
ECUATORIANA”**

Trabajo de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente (TEMI), previo a la obtención del título de Ingeniera en Alimentos otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Este trabajo forma parte del proyecto de aprovechamiento de la diversidad genética, agroecológica y las oportunidades de mercado, en la generación de investigación e I&D de tecnologías innovadoras para la agroindustria alimentaria, financiado por la SENESCYT de código PIC-12-INIAP-003, convenio 20120316, actividad 539-032 y el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

Autora: Ana Gabriela Yanzapanta Llambo

Tutor: Ing. M.Sc. Diego Salazar

Ambato – Ecuador

2014

APROBACIÓN DEL TUTOR DE TESIS

Ing. M.Sc. Diego Salazar

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Investigación realizado bajo el tema: “ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE POLIFENOLES TOTALES, ALCALOIDES Y GRASA EN ALMENDRAS DE CACAO FINO DE AROMA EN TRES DIFERENTES ZONAS DE PRODUCCIÓN DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA”, de la egresada Ana Gabriela Yanzapanta Llambo; considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la evaluación del Jurado Examinador designado por el H. Consejo Directivo de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos.

Ambato, Enero 2014

.....
Ing. M.Sc. Diego Salazar

TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

La responsabilidad del contenido del Proyecto de Investigación (Graduación), Modalidad: Trabajo Estructurado de Manera Independiente: “ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LOS CONTENIDOS DE POLIFENOLES TOTALES, ALCALOIDES Y GRASA EN ALMENDRAS DE CACAO FINO DE AROMA EN TRES DIFERENTES ZONAS DE PRODUCCIÓN DE LA AMAZONÍA ECUATORIANA”, corresponde exclusivamente a Ana Gabriela Yanzapanta Llambo, como patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Enero 2014

.....

Ana Gabriela Yanzapanta Llambo

CI: 180446462-4

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE CIENCIA E INGENIERÍA EN ALIMENTOS

CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

Los miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente Trabajo de Graduación de acuerdo a las disposiciones emitidas por la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato, Enero 2014

Para constancia firman:

.....
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTOS

De todo corazón agradezco:

A Dios por permitirme vivir y guiarme en todo momento.

A toda mi familia: mis padres Camilo Yanzapanta, Clelia Llambo, mis hermanas: Paulina, Cristina y Valeria, mis sobrinas Camila y Monserrat, mi cuñado Fabián, mis primos/as y tíos; gracias por estar siempre ahí cuando los he necesitado con un consejo, palabras de aliento y cariño, gracias también por apoyarme en mi trabajo de tesis.

A la Dra. Susana Espín Directora del Departamento de Nutrición y Calidad del Instituto Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), Estación Experimental Santa Catalina, gracias por darme la confianza, oportunidad y el apoyo incondicional para realizar este trabajo de investigación, además también agradecerle por su aporte brindado como uno de los codirectores de este Proyecto.

Al Dr. Iván Samaniego Responsable Técnico del Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos LSAIA, Codirector del trabajo de investigación gracias por todo el apoyo, confianza y conocimientos brindados durante todo el tiempo de desarrollo del trabajo.

A la Estación Experimental Central Amazónica y la Estación Experimental Litoral Sur del INIAP muchas gracias por el apoyo recibido.

A la Asociación Kallari por medio del Ing. Carlos Pozo y al Ing. Israel Jiménez, a la GIZ por medio del Ing. Pedro Ramírez gracias por la información y apoyo recibido.

A la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos de la Universidad Técnica de Ambato por abrirme sus puertas para iniciar mi carrera Ingeniería en Alimentos. También muchas gracias a todos mis profesores quienes con su sabiduría y consejos han contribuido en mi formación académica y personal.

A mi Director de Tesis Ing. M. Sc. Diego Salazar gracias por los conocimientos brindados, por confiar en mí y por el gran apoyo recibido.

Al Dr. Armando, Ingenieros Bladimir, Carmen, Eder, Verónica Tecnólogos Roció, Silvana, quienes me han apoyado incondicionalmente con sus conocimientos, principalmente con su amistad y confianza.

A la Ing. Beatriz Brito gracias por todo el apoyo, confianza y consejos brindados. De igual manera a las demás personas que he conocido en este tiempo, gracias por su amistad: Guadalupe, Cristina, Wilma, Carlos.

A mis amigos de curso gracias por su amistad brindada: Anita, Diana, Gabriel, Verónica, Blanca, en especial a Patricia, José Luis, José gracias por todo.

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a las personas que con esfuerzo, amor, sabiduría y comprensión han sabido guiarme: mis padres Camilo Yanzapanta, Clelia Llambo, mis hermanas Paulina mi segunda madre, Cristina, Valeria y mis sobrinas Camila y Monserrat , ellos junto a Dios nuestro creador han hecho que me encuentre aquí en uno de los momentos más importante de mi vida, el cumplir uno de mis sueños, el llegar a tener una profesión con la que voy a salir adelante mediante el esfuerzo, perseverancia y lo más importante con su bendición.

Los quiero mucho.

Gaby.

“Todos debemos aprender del libro de la vida, el libro más difícil de leerlo.”

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
CAPITULO I	
PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. Tema de investigación.....	2
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Contextualización.....	2
1.3. Análisis crítico.....	7
1.4. Prognosis.....	7
1.5. Formulación del problema.....	8
1.6. Preguntas directrices.....	8
1.7. Delimitación del objeto de investigación.....	9
1.8. Justificación.....	9
1.9. Objetivos.....	10
CAPITULO II	
MARCO TEÓRICO	
2.1. Antecedentes investigativos.....	11
2.2. Fundamentación filosófica.....	12
2.3. Fundamentación legal.....	13
2.4. Categorías fundamentales.....	14
2.5. Marco conceptual de las variables independientes.....	15
2.5.1. Región Amazónica del Ecuador.....	15
2.5.2. Provincia de Sucumbíos.....	16
2.5.3. Provincia de Orellana.....	17
2.5.4. Provincia de Napo.....	18
2.5.5. Producción de cacao.....	18
2.6. Marco conceptual de las variables dependientes.....	19
2.6.1. Cacao.....	19
2.6.2. Cosecha del cacao.....	22
2.6.3. Entorno climático.....	24
2.6.4. Requerimientos nutricionales del cultivo de cacao en el Ecuador.....	25
2.6.5. Composición química.....	26
2.6.6. Tipos de Cacao.....	30

2.6.7.	Cacao fino de aroma.....	31
2.6.8.	Calidad del cacao.....	32
2.6.9.	Proceso de Beneficio del cacao.....	32
2.6.10.	Proceso de cosecha.....	33
2.6.11.	Proceso de postcosecha cacao.....	33
2.6.12.	Proceso de fermentación.....	34
2.6.13.	Proceso de secado.....	38
2.6.14.	Almacenamiento.....	39
2.6.15.	Calidad física.....	40
2.6.16.	Grasa.....	41
2.6.17.	Polifenoles.....	41
2.6.18.	Alcaloides.....	43
2.7.	Hipótesis.....	43
2.8.	Señalamiento de variables de la hipótesis.....	44

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1.	Enfoque.....	45
3.2.	Nivel o tipo de investigación.....	45
3.3.	Modalidad básica de la investigación.....	46
3.4.	Métodos y técnicas de investigación.....	47
3.5.	Técnica de muestreo.....	49
3.6.	Análisis estadístico.....	51
3.7.	Manejo específico del experimento.....	54
3.8.	Respuestas experimentales.....	54
3.9.	La operacionalización de variables.....	54
3.10.	La recolección de datos.....	57
3.11.	Plan de procesamiento de la información.....	57

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Porcentaje de grasa.....	58
4.2.	Polifenoles totales.....	62
4.3.	Alcaloides.....	71
4.4.	Relación teobromina/cafeína.....	85

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.....	92
5.2. Recomendaciones.....	93

CAPITULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos informativos.....	94
6.2. Antecedentes de la propuesta.....	94
6.3. Justificación.....	95
6.4. Objetivos.....	95
6.5. Análisis de factibilidad.....	96
6.6. Fundamentación científico - teórica.....	97
6.7. Modelo operativo.....	97
6.8. Administración.....	98
6.9. Previsión de la evaluación.....	99
6.10. Recomendaciones.....	99

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro I. Producción mundial de cacao 2004 – 2008.....	3
Cuadro II. Cantones y aptitudes para el cultivo de cacao.....	6
Cuadro III. Composición química de almendras de cacao fermentadas y secas... ..	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I. Árbol de cacao nacional fino de aroma de la Amazonía Ecuatoriana.....	19
Figura II. Flores del árbol de cacao.....	20
Figura III. Desarrollo del fruto en el árbol de cacao nacional fino de aroma en la Amazonía Ecuatoriana.....	21
Figura IV. Mazorca de cacao nacional fino de aroma en la Amazonía Ecuatoriana	22
Figura V. Estructura química de algunos polifenoles de cacao.....	28
Figura VI. Cacao nacional Ecuatoriano.....	31
Figura VII. Esquema de clasificación de polifenoles de acuerdo con el número de subunidades de fenol y la jerarquía de los flavonoides comunes monómeros y polímeros.....	42

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama I. Proceso del manejo postcosecha y beneficio del cacao.....48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico I. Árbol de problemas..... 7

Gráfico II. Categorías fundamentales..... 14

Gráfico III. Histograma de frecuencia para el contenido de grasa (%) en muestras de cacao nacional fermentadas y secas de las tres provincias en estudio.....59

Gráfico IV. Representación de valores promedio del contenido de grasa (%) en tres provincias de la Amazonía Ecuatoriana.....61

Gráfico V. Histograma de frecuencia para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) en muestras de cacao nacional fermentadas y secas de las tres provincias en estudio..... 64

Gráfico VI. Representación de valores promedio del contenido de contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) en tres provincias de la Amazonía Ecuatoriana.....66

Gráfico VII. Representación de valores promedio del contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) para la provincia de Orellana..... 67

Gráfico VIII. Representación de valores promedio del contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) para la provincia de Sucumbíos..... 69

Gráfico IX. Representación de valores promedio del contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) para la provincia de Napo. 70

Gráfico X. Cromatograma para el contenido de teobromina (%) y cafeína (%) en una muestra de cacao nacional fermentado por 4 días y seco.....71

Gráfico XI. Curvas de calibración para la cuantificación de teobromina y cafeína en muestras de cacao nacional fermentadas y secas.....72

Gráfico XII. Histograma de frecuencia para el contenido de teobromina (%) en muestras de cacao nacional fermentadas y secas de las tres provincias en estudio. 74

Gráfico XIII. Representación de valores promedio del contenido de teobromina (%) en tres provincias de la Amazonía Ecuatoriana.....76

Gráfico XIV. Representación de valores promedio del contenido de teobromina (%) para la provincia de Sucumbíos..... 78

Gráfico XV. Representación de valores promedio del contenido de teobromina (%) para la provincia de Napo.....79

Gráfico XVI. Histograma de frecuencia para el contenido de cafeína (%) en muestras de cacao nacional fermentadas y secas de las tres provincias en estudio.....	81
Gráfico XVII. Representación de valores promedio del contenido de cafeína (%) para la provincia de Orellana.....	83
Grafico XVIII. Distribución de los genotipos de cacao en relación al contenido de alcaloides.....	86
Gráfico XIX. Histograma de frecuencia para la relación teobromina/cafeína (T/C) en muestras de cacao nacional fermentadas y secas de las tres provincias en estudio.....	87
Gráfico XX. Representación de valores promedio de la relación teobromina/cafeína (T/C) para la provincia de Orellana.....	89
Gráfico XXI. Representación de valores promedio de la relación teobromina/cafeína (T/C) para la provincia de Napo.....	91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I. Factores en estudio para la caracterización de cacao nacional fino de aroma en la Amazonía Ecuatoriana.....	51
Tabla II. Tratamientos para cada una de las provincias productoras de cacao nacional.....	52
Tabla III. Esquema del análisis de varianza (ANOVA al 95% de confianza) combinado entre las provincias Sucumbíos, Orellana y Napo productoras de cacao nacional fino de aroma.....	53
Tabla IV. Esquema del análisis de varianza (ANOVA al 95% de confianza) por provincia para la caracterización de cacao nacional fino de aroma.....	53
Tabla V. Operacionalización de la variable independiente.....	55
Tabla VI. Operacionalización de la variable dependiente.....	56
Tabla VII. Contenido de grasa (%) promedio en almendras de cacao nacional fermentadas (4 días) y secas provenientes de las provincias de Francisco de Orellana, Sucumbíos y Napo.....	58
Tabla VIII. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de grasa (%) en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.....	60
Tabla IX. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para el contenido de grasa (%) en muestras de cacao fermentadas y secas de las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos.....	61
Tabla X. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de grasa (%) en la provincia de Orellana.....	61
Tabla XI. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de grasa (%) en la provincia de Sucumbíos.....	62

Tabla XII. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de grasa (%) para la provincia de Napo.....	62
Tabla XIII. Contenido promedio de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) en almendras de cacao nacional fermentadas (4 días) y secas provenientes de las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo.....	63
Tabla XIV. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de polifenoles totales (mg ác. gálico/g cacao desengrasado) en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.....	65
Tabla XV. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) en muestras de cacao fermentadas y secas de las provincias de Napo, Orellana y Sucumbíos.....	66
Tabla XVI. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) para la provincia de Orellana.....	67
Tabla XVII. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Orellana.....	67
Tabla XVIII. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) para la provincia de Sucumbíos.....	68
Tabla XIX. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Sucumbíos.....	69
Tabla XX. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) de la provincia de Napo..	69
Tabla XXI. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Napo.....	70
Tabla XXII. Contenido promedio de teobromina (%) en almendras de cacao nacional fermentadas (4 días) y secas provenientes de las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo.....	73
Tabla XXIII. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de teobromina (%) en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.....	75
Tabla XXIV. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de teobromina (%) promedio en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.....	76
Tabla XXV. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de teobromina (%) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Orellana.....	77
Tabla XXVI. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de teobromina (%) para la provincia de Sucumbíos.....	77

Tabla XXVII. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para el contenido de teobromina (%) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Sucumbíos.....	78
Tabla XXVIII. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de teobromina (%) para la provincia de Napo.....	78
Tabla XXIX. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para el contenido de teobromina (%) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Napo.....	79
Tabla XXX. Contenido promedio de cafeína (%) en almendras de cacao nacional fermentadas (4 días) y secas provenientes de las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo.....	80
Tabla XXXI. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de cafeína (%) en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.....	82
Tabla XXXII. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de cafeína (%) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia de Orellana.....	83
Tabla XXXIII. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para el contenido de cafeína (%) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia de Orellana.....	83
Tabla XXXIV. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de cafeína (%) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Sucumbíos.....	84
Tabla XXXV. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido promedio de cafeína (%) en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Napo.....	84
Tabla XXXVI. Relación teobromina/cafeína (T/C) promedio en almendras de cacao nacional fermentadas (4 días) y secas provenientes de las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo.....	85
Tabla XXXVII. Análisis de varianza (95% de confianza) para la relación teobromina/cafeína (T/C) en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.....	88
Tabla XXXVIII. Análisis de varianza (95% de confianza) para la relación teobromina/cafeína (T/C) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia de Orellana.....	89
Tabla XXXIX. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para la relación teobromina/cafeína en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia de Orellana.....	89
Tabla XL. Análisis de varianza (95% de confianza) para la relación teobromina/cafeína (T/C) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Sucumbíos.....	90
Tabla XLI. Análisis de varianza (95% de confianza) para la relación teobromina/cafeína (T/C) promedio en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Napo.....	90

Tabla XLII. Análisis de comparación de medias (prueba de Tukey 95%) para la relación teobromina/cafeína en muestras de cacao fermentadas y secas de la provincia Napo.....	91
Tabla XLIII. Valores económicos de la propuesta.....	96
Tabla XLIV. Modelo operativo - plan de acción.....	97
Tabla XLV. Administración de la propuesta.....	98
Tabla XLVI. Previsión de la evaluación.....	99

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I. Antecedentes bibliográficos.....	100
Anexo II. Asociaciones productoras de cacao en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.....	107
Anexo III. Preparación de la muestra.....	111
Anexo IV. Extracción de grasa de las almendras de cacao.....	113
Anexo V. Determinación de polifenoles totales en polvo de cacao por espectrofotometría UV-VIS.....	115
Anexo VI. Determinación de alcaloides en polvo de cacao por cromatografía líquida de alta eficiencia.....	119
Anexo VII. Base de datos de los compuestos químicos [porcentaje de grasa (% grasa), polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado), alcaloides (% de teobromina, % cafeína) y la relación teobromina/cafeína (T/C)] de las zonas productoras de cacao de las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.....	123
Anexo VIII. Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 176:2003: Cacao en grano – requisitos.....	126
Anexo IX. Registro de ingreso de muestras al laboratorio LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.....	127
Anexo X. Informe de resultados de análisis de muestras de cacao nacional entregado por el laboratorio LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.....	128
Anexo XI. Fotos.....	125

RESUMEN EJECUTIVO

Con el propósito de evaluar la variación de los contenidos de grasa, polifenoles totales y alcaloides en almendras de cacao nacional en tres diferentes zonas de producción de la Amazonía Ecuatoriana, se recolectaron 90 muestras de almendras de cacao pertenecientes a las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo, las mismas que fueron fermentadas por 4 días y secadas al sol.

Se procedió al análisis del contenido de grasa, polifenoles totales y alcaloides en el laboratorio LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad (INIAP), encontrándose que el contenido promedio de grasa varía entre 47% a 50%, sin embargo mediante un histograma de medias se estableció que el 92% de resultados se encuentran entre un rango de 47% a 51% de grasa; para el caso de polifenoles totales se encontró que el contenido promedio varía entre 40 mg de ácido gálico/ gramo de cacao desengrasado a 70 mg de ácido gálico/ gramo de cacao desengrasado, estableciéndose que la mayor parte de resultados (60%) varía entre 40 mg de ácido gálico/ gramo de cacao desengrasado a 60 mg de ácido gálico/ gramo de cacao desengrasado; finalmente para el análisis de alcaloides se encontró que el contenido promedio de teobromina y cafeína varían entre 2,04% a 2,56% y 0,32% a 0,43% respectivamente, además se estableció que la mayor parte de resultados presentados para teobromina (63%) y cafeína (71%) pertenecen a cacaos finos de aroma con un contenido promedio de 1,8% a 2,2% de teobromina y de 0,30% a 0,45% de cafeína.

El análisis de la relación teobromina/cafeína demostró que la mayor parte de los materiales analizados son de tipo trinitario (62% de las muestras analizadas) con valores que varían entre 6 a 9 y de tipo criollo en menor cantidad (38% de las muestras analizadas) con resultados que varían entre 3,0 a 5,0, demostrándose que los materiales estudiados presentan características de cacaos finos.

CAPITULO I

PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1 Tema de investigación

“Estudio de la variación de los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y grasa en almendras de cacao fino de aroma en tres diferentes zonas de producción de la Amazonía Ecuatoriana”.

2 Planteamiento del problema

El problema que ha motivado la realización de este trabajo es la escasa información que existe sobre los componentes químicos no volátiles (polifenoles totales, alcaloides y grasa) como indicadores de calidad del cacao nacional producido en las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana de la región Amazónica del Ecuador.

1.1.1. Contextualización

Macro

Flores (2010) menciona que el cacao en el pasado, como en la actualidad es apreciado mundialmente no solo por su magnífico sabor; sino también por sus beneficios nutritivos. La historia del cacao y su expansión por el mundo no fueron hechos de la casualidad sino del efecto del nacimiento de un nuevo mercado; ya sea con los mayas, los aztecas, o los europeos la comercialización del cacao ha sido una actividad continua, regida por el gusto del público.

Coe & Coe, (1996); Awua, (2002); Schwan & Wheals, (2004); Amoye, (2006) mencionados en libro Ciencia y Tecnología del Chocolate de Afoakwa (2010, p. 12) indica que la producción mundial de cacao es de aproximadamente 3,5 millones de toneladas métricas (tm) anuales, entre los productores más

importantes están: Costa de Marfil, Ghana, Indonesia, Brasil, Nigeria, Camerún y Ecuador. También hay una serie de pequeños productores, en particular de cacao fino, que constituye menos del 5% del comercio mundial.

Cuadro I. Producción mundial de cacao 2004 – 2008

Países	Mil toneladas (2004-2005)	Mil toneladas (2005-2006)	Mil toneladas (2006-2007)
Total producción	3379 (100%)	3724(100%)	3400 (100%)
África	2375 (70,3%)	2642(71,0%)	2392 (70,4%)
América	445(13,2%)	446(12,0%)	411(12,1%)
Asia y Oceanía	559(16,5%)	636(17,1%)	597(17,5%)
Còted'Ivoire	1286(38,1%)	1408(37,8%)	1292(38.0%)
Ghana	599(17,8%)	740(19,9%)	614(18,1)
Indonesia	460	530	490
Nigeria	200	200	190
Camerún	104	166	129
Brasil	171	162	126
Ecuador	116	114	114
Nueva Guinea	48	51	50
República Dominicana	31	42	47

Note: Los paréntesis representan el porcentaje (%) anual de la producción.

Fuente: ICCO. 2008.

La ICCO en su reporte anual en el 2011 indica que África ha reforzado su posición, encabezando el ranking de las regiones productoras de cacao, con casi el 75% de la producción mundial, mientras que las otras regiones productoras han mostrado una evolución dispar: la producción aumentó en 43.000 toneladas en América el cual representa el 13% de la producción mundial, pero descendió en 109.000 toneladas en la región de Asia y Oceanía, con un total de 524.000 toneladas que representa un 12% de la producción mundial.

Ramírez y Paredes (2010) indican que la industrialización del cacao se realiza principalmente en países desarrollados de Europa y América del Norte, mientras que los países consumidores de chocolates y productos del cacao son: Estados Unidos, Alemania, Francia, Reino Unido, Rusia, Japón e Italia. El consumo per cápita (kg por persona) lo lidera Bélgica con 6,15 kg, seguido de Suiza con 4,48 kg, Reino Unido 3,69 kg, Alemania 3,50 kg y los Estados Unidos con 2,64 kg.

Además mencionan que en estos países se elabora esencialmente dos productos de los granos del cacao: cacao en polvo y chocolate. El cacao en polvo se utiliza principalmente en la manufactura de productos con sabor a chocolate, como por ejemplo: cacao instantáneo, productos de repostería, leche chocolatada, entre otros. Sin embargo, el uso principal que se le da al cacao es, en la producción de chocolate y como principal estímulo al crecimiento de la producción tenemos, una rápida expansión del consumo de chocolate en los países industrializados.

Meso

Amores y colaboradores (2009) exponen que la actividad cacaotera en la región Costa es de larga data, casi 400 años, mientras que en la región Amazónica comenzó a desarrollarse desde hace un cuarto de siglo. Por esta razón, el 90% de la superficie cultivada se encuentra en la Costa, en su mayor parte sembrada con la variedad conocida como complejo Nacional–Trinitario.

Ramírez y Paredes (2010) en el su análisis de la cadena de cacao señalan que:

El cacao es uno de los productos más tradicionales del Ecuador, siendo el líder mundial en la producción y exportación de cacao Fino de Aroma con un 61% de un total de producción mundial del 4.7 % en el año 2006.

La producción nacional para el año 2009 fue de 150.703 tm, de las cuales el 87% se exporto como cacao en grano y el 13 % restante en semielaborados (torta, pasta o licor, manteca, polvo) en varias presentaciones.

Respecto al destino del cacao ecuatoriano, en el año 2009 el 48% se exporto a Norteamérica, el 39% a la Unión Europea, el 7% a América Central, el 4% a Suramérica, y el 2% a Asia.

Además el cacao es el tercer producto de exportación y su participación en el año 2010 dentro del PIB total fue de 1,5%; y dentro del PIB agropecuario fuel el

12%. Además, es un importante generador de empleo, pues se estima que aproximadamente 600.000 personas de diversas culturas, etnias, se encuentran vinculadas directamente a la actividad. La cadena de cacao representa el 4% de la PEA nacional y el 12 % de la PEA agrícola.

Siendo las principales entidades de apoyo y de prestación de servicios a la cadena de cacao son el MAGAP, INIAP, MIES, INCCA, PLAN ECUADOR y algunos gobiernos provinciales y municipales, como entidades del estado. Desde el lado no público tenemos al FECD, GIZ, USAID, CAMAREN, DYA y MCCCH como las organizaciones de apoyo de mayor relevancia.

Micro

Ramírez y Paredes (2010) describen que: el Ecuador continental posee un área aproximada de 248.406,5 Km². El 47% (116.604,06 Km²) corresponde a la Amazonía y el 19% las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo. La región Amazónica se caracteriza por su selva tropical y diversidad biológica. Comprende 6 provincias ubicadas bajo los 1300 msnm en las estribaciones orientales de los Andes.

La Amazonía norte se encuentra ubicada en la parte nororiental del Ecuador, limita al norte con la República de Colombia, con la provincia de Pastaza al sur, con la República del Perú al este y con la cordillera oriental de los Andes al oeste. Con temperaturas promedio de alrededor de 23 grados centígrados y precipitaciones de 2.500 a 3.000 milímetros anuales en la zona dedicada al cacao y café. En esta parte de la Amazonía se estima que actualmente más de 25.000 fincas poseen el cultivo de cacao, lo cual indica un crecimiento vertiginoso, si comparamos con las 4.547 fincas que en el año 2000 disponían de este cultivo según el censo agropecuario del INEC en el 2001. Este interés por sembrar cacao se ha debido a la caída de los precios internacionales del café sucedido entre los años 2001-2003, que llevó a la baja la economía de miles de familias campesinas, dedicadas casi exclusivamente al café y ganadería.

En las provincias de Sucumbíos, Napo y Orellana la economía gira en torno a las actividades agrícolas, especialmente a la producción de cacao. Las fincas del Ecuador y particularmente de la Amazonía norte que trabajan en el sector del cacao dependen sobre todo, de la mano de obra local, casi siempre familiar, y de la diversificación de sus sistemas de producción para obtener rendimientos aceptables.

Las zonas de mayor producción corresponden a los cantones de Gonzalo Pizarro, Cascales, Lago Agrio, Shushufindi, Joya de los Sachas, Francisco de Orellana, Loreto, Tena y Archidona, siendo la mayoría de estos cantones anteriormente productores de café, sin embargo factores relacionados con la calidad de los suelos y el clima también demarcan las áreas de producción.

Cuadro II. Cantones y aptitudes para el cultivo de cacao

Provincia	Cantones	Aptitud para el cultivo de cacao (en cuanto a la calidad de los suelos y al clima)
Sucumbíos	Lago Agrio	Producción principal
	Gonzalo Pizarro	Parcialmente apto
	Putumayo	Parcialmente apto
	Shushufindi	Producción principal
	Sucumbíos	No apto
	Cascales	Producción principal
	Cuyabeno	Parcialmente apto
Orellana	Francisco de Orellana (El Coca)	Producción principal
	Aguarico	Parcialmente apto
	Joya de los Sachas	Producción principal
	Loreto	Producción principal
Napo	Tena	Producción principal
	Archidona	Producción principal
	El Chaco	No apto
	Quijos	No apto
	Carlos Julio A. Tola	Parcialmente apto

Fuente: CCD-GTZ, (2004)

1.3. Análisis crítico

E
F
E
C
T
O
S

Disminución de la producción de cacao fino de aroma en la Amazonía Ecuatoriana.

Incertidumbre en los precios del cacao en el mercado nacional e internacional.

Variabilidad en la calidad de cacao de producción nacional en cuanto al sabor y aroma.

P
R
O
B
L
E
M
A

C
A
U
S
A
S

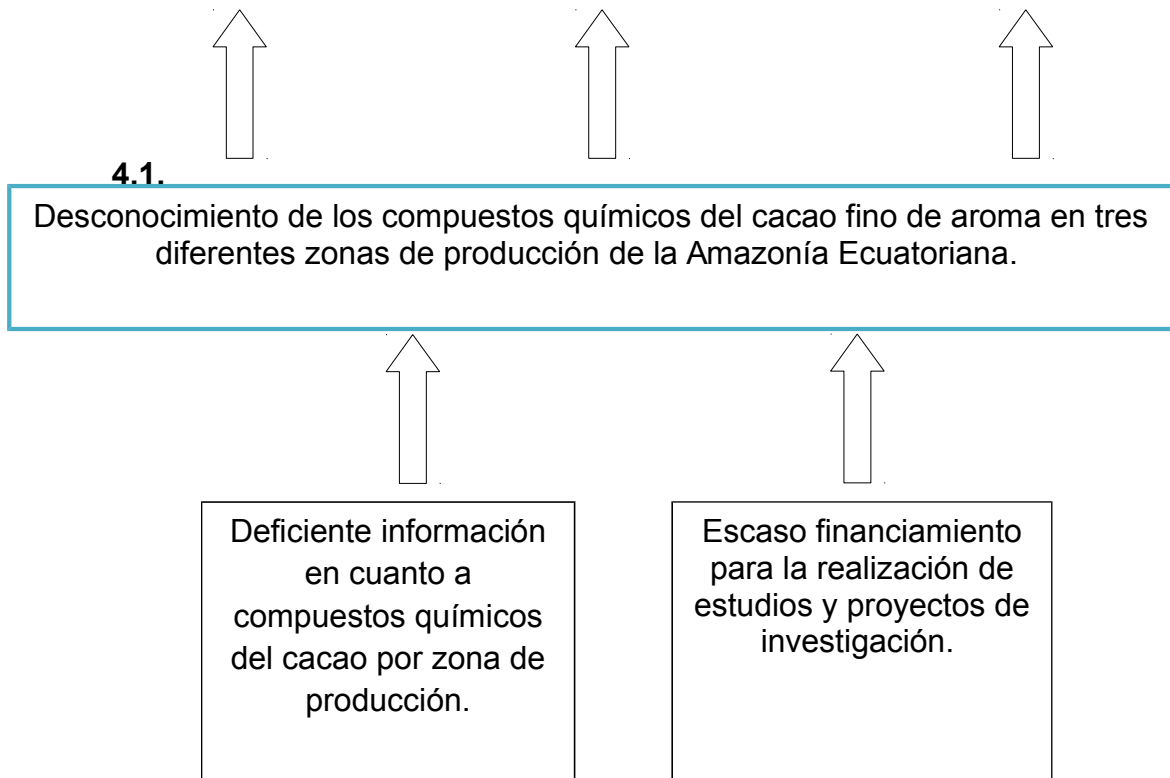


Gráfico I: Árbol de problemas

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

1.4. Prognosis

Acorde al análisis crítico desarrollado en la investigación, en el caso de no ejecutarse la investigación no se obtendrían datos de los compuestos químicos (polifenoles totales, alcaloides y grasa) que otorgan el sabor y aroma al cacao nacional fino de aroma producidos en las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana de la región Amazónica del Ecuador y por ende la variabilidad en los precios y en la calidad del cacao seguirán siendo un factor preocupante para el agricultor y para la economía del país. Además al no cumplir con la calidad requerida por las industrias nacionales e internacionales, se estará poniendo

en riesgo las exportaciones e industrialización del cacao nacional fino de aroma.

1.5. Formulación del problema

¿El estudio de la variación de los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y grasa en almendras de cacao fino de aroma contribuirán en la caracterización del cacao nacional fino de aroma en tres zonas de producción de la Amazonía Ecuatoriana?

Variable Independiente: Zonas de producción de cacao nacional fino de aroma en la región amazónica

Variable Dependiente: Contenido de polifenoles totales, alcaloides y grasa

1.6. Preguntas directrices

- ¿Cuál será la cantidad de polifenoles totales, alcaloides y grasa obtenidas en las muestras de cacao fino de aroma producido en las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana?
- ¿Existirá variación del contenido de polifenoles, alcaloides y grasa en el cacao fino de aroma producido en las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana?
- ¿La cuantificación de polifenoles totales, alcaloides y grasa del cacao fino de aroma producido en las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana permitirán la caracterización del cacao nacional fino de aroma?
- ¿Mediante la cuantificación de estos compuestos químicos se podrá evitar la variabilidad en la calidad y en el precio del cacao fino de aroma de las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana?

1.7. Delimitación del objeto de investigación

Área: Alimentos

Subárea: Cacao y derivados.

Categoría: Calidad - Análisis laboratorio

Subcategoría: Compuestos químicos.

Delimitación Temporal: El trabajo de investigación se realizará desde Marzo 2013 hasta Diciembre 2013.

Delimitación Espacial: Muestreos en las zonas productoras de cacao de las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana; los análisis de laboratorio se realizarán en el Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

1.8. Justificación

La trabajo de investigación tiene como finalidad dar a conocer las características químicas que presenta el cacao nacional fino de aroma de tres diferentes zonas productoras de la Amazonía ecuatoriana, contribuyendo en la cuantificación de componentes químicos no volátiles que le confieren al cacao nacional ciertas características de sabor y aroma (frutales y florales) y que le permiten tener calidad superior y mejor precio.

La cuantificación de estos componentes químicos: porcentaje de grasa, alcaloides y polifenoles totales servirá de base para la diferenciación y caracterización del cacao nacional fino de aroma con respecto a los cacaos comunes. Además la ejecución de la investigación permitirá crear una base de datos experimentales que ayudará de referencia a las empresas productoras de chocolate, otorgando de esta manera un valor agregado al producto.

1.9. Objetivos

Objetivo general

- Evaluar los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y grasa en almendras de cacao fino de aroma en tres diferentes zonas de producción de la Amazonía Ecuatoriana.

Objetivos específicos

- Determinar si existe diferencia en el contenido de grasa, polifenoles totales y alcaloides en almendras de cacao fino de aroma producido en tres provincias de la Amazonía Ecuatoriana (Napo, Sucumbíos y Orellana).
- Establecer la relación teobromina/cafeína en las zonas de estudio.
- Elaborar una base de datos de componentes químicos asociados al sabor y aroma del cacao nacional fino de aroma a nivel nacional que permita realizar un mapa característico como herramienta para los productores e industriales.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

Al realizar una revisión bibliográfica en la Universidad Técnica de Ambato en la biblioteca de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos se encontró varios estudios realizados en cacao *Theobroma cacao*, entre ellos esta: el estudio de la tecnología para la elaboración de chocolate casero y proyecto de factibilidad; obtención de un polvo a partir de cacao fermentado y seco y el estudio de la fermentación y secado en tres variedades de cacao, sin embargo, no se encontró investigaciones realizadas en cuanto a componentes químicos como polifenoles totales, alcaloides y grasa.

En el Departamento de nutrición y Calidad del INIAP existen varios estudios realizados en cacao de producción nacional los cuales se mencionaran continuación:

Villavicencio (2001) realizó la caracterización química del nivel de fermentación y estudio de los parámetros de calidad del cacao (*Theobroma cacao* L.); donde las almendras de tres variedades de cacao seleccionadas: nacional, el clon CCN51 y la variedad Complejo Tradicional fueron sometidas a un proceso de fermentación durante siete días y posteriormente secadas. Tomando muestras cada día, durante dicho proceso, se analizó el comportamiento y evolución de los siguientes parámetros químicos: humedad, acidez libre, total y volátil, pH, nitrógeno amoniacal, contenido graso, punto de fusión de grasa y contenido de ácidos grasos. Paralelamente se realizaron pruebas de corte y de degustación para tener valores de comparación.

Armijos (2002) estableció los parámetro químicos de acidez para la determinación de la calidad del cacao fermentado y seco y la diferenciación entre cacao fino y ordinario, para lo que se seleccionaron variedades del tipo Nacional, comercial y cacaos de exportación. Cada grupo de muestras se sometió a un proceso de fermentación durante cinco días, después de cosechar y desgranar cada fruto. Se

realizaron muestreos durante cada día, para finalmente ser secadas al sol. Sobre cada muestra se aplicaron análisis de pH, acidez titulable, acidez volátil y la continuación del contenido de ácidos orgánicos volátiles y no volátiles.

Hasing (2004) estudió la variación en los contenidos de polifenoles y alcaloides en almendras de cacao por efecto de los procesos de fermentación y tostado, y estudió la relación teobromina/cafeína como parámetro para diferenciar cacao fino del ordinario. Para lo cual se emplearon genotipos de cacao fino (EET-62 y EET-103) y ordinario (CCN-51, EET-400 e ICS-95). Se analizaron muestras de almendras secas sin tostar pertenecientes a cada día de fermentación (0-5 días para cacao fino y 0-6 días para cacao ordinario), y también después de un proceso de tostado (121°C x 18 min. y 145°C x 30 min, para cacao fino y ordinario respectivamente), en forma de licor de cacao.

Pazmiño (2005) estudió el comportamiento de fructosa, glucosa y sacarosa en almendras de cacao de producción nacional durante la fermentación.

Recalde (2007) realizó la evaluación del efecto del presecado y tiempo de fermentación en los contenidos de polifenoles totales, alcaloides y ácidos volátiles en dos genotipos de cacao (CCN-51 y Nacional). Las almendras fueron fermentadas por cinco días, y a un grupo se las sometió a un presecado por 8 horas en tendales de madera antes de ser fermentadas. Muestras de los dos genotipos, sin presecar y presecadas, fueron analizadas para cada día de fermentación, empezando desde el día cero hasta el día cinco.

2.2. Fundamentación filosófica

Según González (2003) el paradigma positivista, también llamado hipotético-deductivo, cuantitativo, empírico-analista o racionalista, surgió en el siglo XIX y tiene como fundamento filosófico el positivismo. Fue creado para estudiar los fenómenos en el campo de las ciencias naturales, pero después también fue utilizado para investigaren el área de las ciencias sociales, sin tener en consideración las diferencias que existen entre ambas.

Esta investigación tiene un enfoque de paradigma positivista, ya que el estudio del conocimiento existente en un momento dado conduce a la formulación de nuevas hipótesis, en la cuales se interrelacionan variables, cuya medición cuantitativa, permitirá comprobarlas o refutarlas en el proceso de investigación. Además en este paradigma positivista se busca una correlación o causa-efecto, donde los investigadores han de mantener una actitud neutral frente a los fenómenos.

2.3. Fundamentación legal

La información de las siguientes normas servirá de soporte para el desarrollo de la investigación:

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 176:2003: Cacao en grano – requisitos. (Anexo VIII)
- Determinación de grasa según el Manual de análisis de cacao. Departamento de Nutrición y Calidad. EESC-INIAP. Determinación de grasa en polvo de cacao por extracción Soxhlet.
- Determinación de polifenoles totales según el Manual de análisis de cacao. Departamento de Nutrición y Calidad. EESC-INIAP. Determinación de polifenoles totales en polvo de cacao por espectrofotometría UV-VIS.
- Determinación de alcaloides según el Manual de análisis de cacao. Departamento de Nutrición y Calidad. EESC-INIAP. Determinación de alcaloides en polvo de cacao por cromatografía líquida de alta eficiencia.
- Registros de ingreso y codificación de muestras al laboratorio LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad Estación Experimental Santa Catalina INIAP (Anexo IX).
- Informe de resultados de los análisis del contenido de grasa, polifenoles totales y alcaloides presentados por el laboratorio LSAIA del Departamento de Nutrición y Calidad Estación Experimental Santa Catalina INIAP (Anexo X).

2.4. Categorías fundamentales

SUPRAORDINACIÓN

INFRAORDINACIÓN

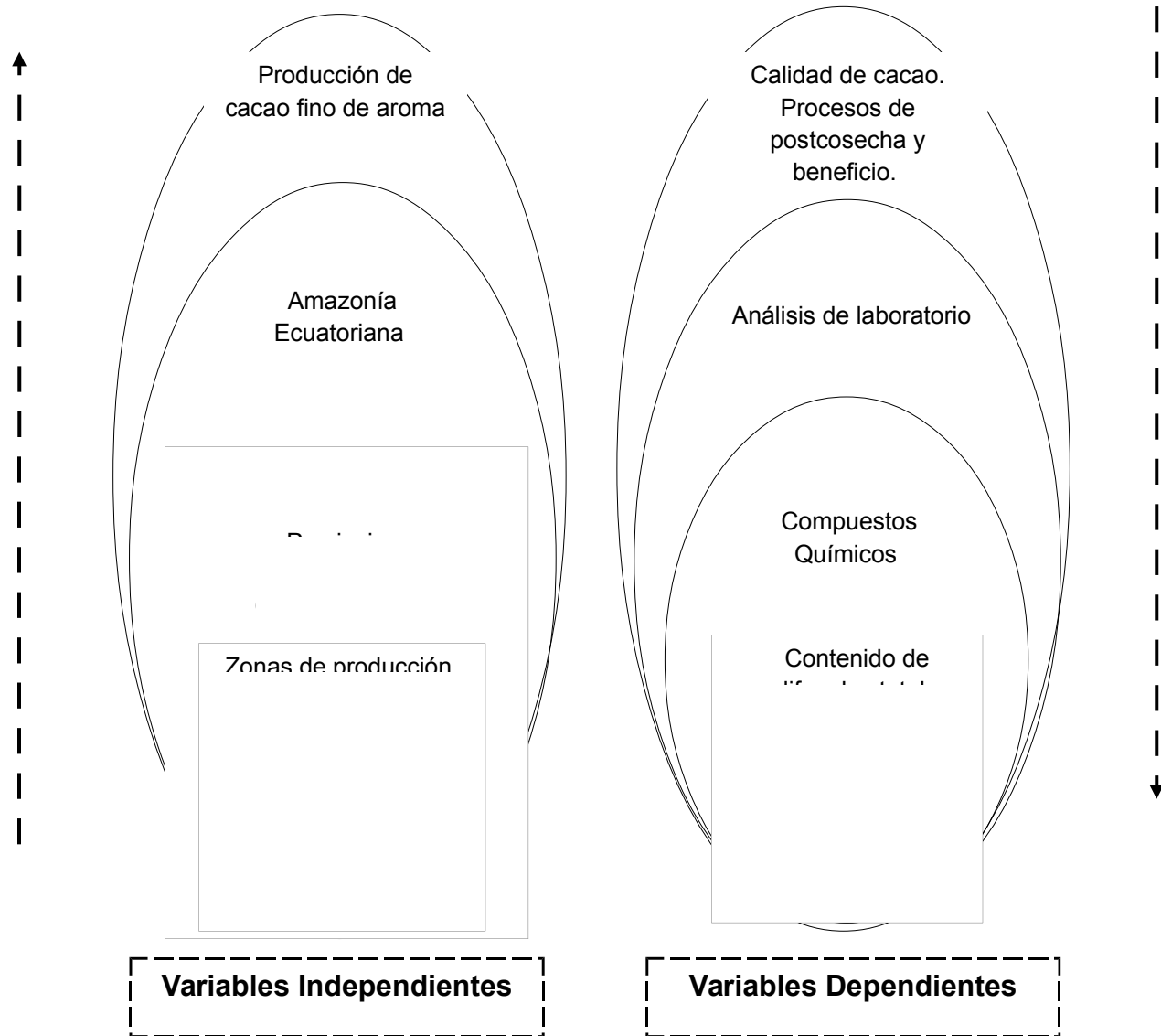


Gráfico II. Categorías fundamentales
 Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013

2.5. Marco conceptual de las variables independientes

2.5.1. Región Amazónica del Ecuador

Ramírez y Paredes, (2010) en su análisis de la cadena del cacao menciona que la región Oriental o Amazónica se encuentra al este de la cordillera central hasta los límites con el Perú. La cordillera oriental divide esta región en alto oriente y bajo oriente, la primera es más habitada por tener un clima benigno, en cambio en el bajo Oriente, predomina la selva virgen con abundantes bosques y enmarañadas junglas, además se encuentran zonas pantanosas, sobre todo cerca de los grandes ríos que la atraviesan.

La asociatividad alrededor de la cadena del cacao en el norte de la Amazonía, las integra cerca de 7.000 productores que forman parte de las organizaciones como Aroma Amazónico, San Carlos/ 3 de Noviembre, 24 de Mayo, CONAKINO y Kallari.

La asociación Kallari, cuyo nombre es “Asociación Agro Artesanal de Bienes Agrícolas, Pecuarios y Piscícolas del Napo-Kallari”, es una organización Kichwa que agrupa legalmente 22 comunidades con alrededor de 400 familias socias jurídicas; adicionalmente incorpora a 1.629 familias como socios comerciales en la compra de cacao. Esta asociación trabaja en su mayor parte con los cantones de Tena, Archidona y Arosemena Tola.

Aroma Amazónico Compañía Limitada es una es una empresa privada constituida bajo escritura pública otorgada ante el Notario Primero del Cantón Lago Agrio y aprobada por la Superintendencia de Compañías. Está constituida por 13 organizaciones de pequeños productores de cacao y café de las provincias de Sucumbíos y Orellana, legalmente constituidas; actualmente integran Aroma Amazónico 1.620 pequeños productores jurídicos dentro de las asociaciones. Las organizaciones están distribuidas en 5 cantones de la provincia de Sucumbíos y 3 cantones de la provincia de Orellana.

Asociación de Productores de San Carlos, fue legalmente constituida el 2 de Febrero del 2005 mediante un Acuerdo Ministerial con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, con domicilio en la parroquia San Carlos, cantón la Joya de los Sachas, provincia de Orellana. Se encuentran vinculadas a este proceso de comercialización de cacao 41 comunidades: 1 de Mayo, 10 de Agosto, 24 de Mayo, 3 de Noviembre, entre otras.

2.5.2. Provincia de Sucumbíos

FECD. (2008, p. 2) realizó un estudio sobre el análisis participativo en la cadena de cacao de la provincia de Sucumbíos en donde indica que se encuentra al nororiente del Ecuador, entre las coordenadas 0° 42' de latitud norte; 0° 40' de latitud sur; 77° 58' 27" de longitud Occidental y 75° 36' 35" de longitud Occidental. Limita, al norte con la República de Colombia, al sur con las provincias de Orellana y Napo, al oeste con las provincias de Carchi, Imbabura y Pichincha y al este con la República de Perú. División Político Administrativa y extensión territorial.

La provincia de Sucumbíos está conformada por 7 cantones, que a su vez se subdividen en 26 parroquias rurales y 7 urbanas. Tiene una extensión territorial de 18.008,3 Km.

El clima de Sucumbíos es muy variado, es frío húmedo, en la parte de la Sierra; templado muy húmedo, en las estribaciones de la cordillera y tropical lluvioso, en la cuenca amazónica. La temperatura varía desde los 6 y hasta los 30°C. Las precipitaciones en toda la región amazónica son elevadas, pues se registran de 2.000 a 6.000 mm y se pueden considerar bien repartidas durante el año, debido principalmente a la constante evapotranspiración de la densa cobertura vegetal y evaporación de los abundantes recursos hídricos existentes. La distribución estacional de las lluvias en la provincia es de tipo ecuatorial, se presenta durante todo el año, los meses de intensa lluvia son los de abril, mayo, junio, julio. Los menos intensos septiembre y octubre y los meses más secos o de menos lluvias diciembre y febrero.

La superficie de cultivo de cacao en Sucumbíos es de 8.200 hectáreas con un rendimiento de 478.17 (Kg/ha) y una producción total de 3920.97 tm/año. Las zonas de producción de cacao más importantes en la provincia de Sucumbíos son: los cantones Shushufindi, Cascales y Lago Agrio. Los cantones de Gonzalo Pizarro, Cuyabeno y Putumayo son productores de cacao que al momento tienen plantaciones jóvenes que están empezado con la productividad, mientras que en el cantón Sucumbíos alto no se cultiva por situaciones climáticas.,

En los cantones de Lago Agrio, Cascales y Shushufindi, existen centros de acopio para poscosecha de cacao manejado por cada uno de los comités de comercialización de las organizaciones existentes en cada cantón.

En los cantones no mencionados, no cuentan con centros de acopio al momento por lo que la producción de cacao existente es comercializada a los comerciantes intermediarios del sector, como también un porcentaje de la comercialización de cacao es comprado en baba por Aroma Amazónico.

2.5.3. Provincia de Orellana

Ramírez y Paredes (2010) indican que la capital de la provincia de Orellana es Francisco de Orellana más conocida como El Coca, es la única provincia amazónica que no tiene fronteras con una provincia de la serranía Ecuatoriana, al norte se limita con Sucumbíos, al sur con Pastaza, al este con Perú y al oeste con Napo. Está dividida en cuatro cantones Francisco de Orellana (El Coca), Loreto, Aguarico y La Joya de los Sachas. Esta provincia tiene una temperatura que va entre los 18 a los 26°C y su producción de cacao estimada es de 4.100 toneladas.

2.5.4. Provincia de Napo

Ramírez y Paredes (2010) indican que la provincia de Napo con su capital Tena, se encuentra en la región Amazónica Ecuatoriana incluyendo parte de las laderas de los Andes hasta las llanuras amazónicas. Toma su nombre del río Napo, limita

al norte con Sucumbíos, al sur con Pastaza, al oeste con Pichincha, Cotopaxi y Tungurahua y al este con la Provincia de Orellana. La provincia de Napo tiene un clima tropical húmedo, con lluvias persistentes y altas temperaturas de 25°C como promedio. Está conformada por cinco cantones, cinco parroquias urbanas y diecinueve parroquias rurales. Sus cantones son: Archidona, Carlos Julio Arosemena Tola, El Chaco, Quijos y Tena. En la provincia de Napo la producción de cacao estimada es de 1.900 toneladas.

2.5.5. Producción de cacao

Ramírez y Paredes (2010) señalan que la producción de cacao tiene un grupo de encadenamientos que inician a nivel de los productores individuales y asociados que producen cacao en grano y terminan en un mercado interno o externo a través de una red de comerciantes. En este proceso están involucrados varios actores como las unidades de producción asociadas, los comerciantes, la industria local pequeña y mediana, la industria de elaborados, los expertos de cacao en grano y los procesadores internacionales y consumidores.

Los productores individuales: Constituyen alrededor del 72% en la Amazonía norte, y son principalmente pequeños productores que se relacionan directamente con los intermediarios.

Las Asociaciones de productores: En la Amazonía norte existen 8 organizaciones dirigiendo el producto a importadores e industria internacional y en otros casos a intermediarios y exportadores nacionales. Existe alrededor de un 28% de productores que pertenecen a una asociación de productores.

2.6. Marco conceptual variable dependiente

2.6.1. Cacao

Botánica

Colombo, Pinorini y Conti (2012) en su estudio realizado sobre botánica y farmacognosia del árbol de cacao señalan que el nombre científico del cacao es *Theobroma cacao* L., éste nombre se lo toma por el sueco botánico Carl Linnaeus en 1753, cuando se publicó en su famoso libro *Species Plantarum*. *Theobroma* es un término genérico que significa "comida" (del griego bromo=comida y Theo=Dios) "comida de los dioses; el cacao se deriva del náhuatl (lengua azteca) palabra "xocolatl", de "Xococ" (amargo) y "atl" (agua).

Según Linn (2009) el cacao *Theobroma cacao* L, pertenece a la familia *Malvaceae*, anteriormente *Sterculiaceae*, es un pequeño árbol de hoja perenne tropical y subtropical que se origina en las selvas neotropicales, principalmente en la cuenca Amazónica y la meseta de Guyana. Es nativo del sur de México, Centroamérica y Sudamérica tropical, en los bosques tropicales húmedos en las laderas bajas orientales de los Andes ecuatoriales de Sudamérica.



Figura I. Árbol de Cacao nacional fino de aroma de la Amazonía Ecuatoriana

Fuente: Gabriela Yanzapanta

Además menciona que el árbol de cacao es una planta de hoja perenne típico cauliflorous (no estrictamente), de polinización cruzada y monoica, y puede alcanzar hasta 25 m de altura en su estado silvestre. Cauliflorous es una planta o un árbol que produce flores en las ramas del tallo principal, cubierto por una corteza de color marrón claro. Sus hojas son de color verde oscuro brillante, coriáceos, simple (hoja dividida), ovadas en forma elíptica y de 20-35 cm de largo y de 7-8 cm de ancho. Las superficies de las hojas están cubiertas de pelo o dispersos en forma de estrella.

Fowler (1999) citado por Afoakwa (2010) menciona que los árboles de cacao crecen bien en la mayor parte del suelo, pero preferiblemente en suelos bien aireados con buen drenaje y un pH neutro a ligeramente ácido (5,0-7,5), las plagas y enfermedades deben ser cuidadosamente controladas, pueden llegar hasta una altura de aproximadamente 10 m de altura en la madurez, preferiblemente a la sombra de otros árboles. Sin embargo, los modernos métodos de cría han llevado al desarrollo de los árboles a un nivel de aproximadamente 3m de alto para permitir la fácil cosecha.



Figura II. Flores del árbol de cacao

Fuente: Afoakwa, E. 2010.

Según Colombo, Pinorini y Conti (2012) las flores del árbol de cacao se parecen a orquídeas y varían en tamaño y color dependiendo de la variedad y región donde el árbol crece, al igual que los frutos de cacao, y se agrupan en cúmulos que surgen directamente del tronco (cauliflory). Las flores se producen durante todo el año. Cada planta puede producir entre 50.000 y 100.000 flores cada año. En la naturaleza, sólo alrededor del 5% de las flores reciben suficiente polen para iniciar

el desarrollo del fruto, por lo que hoy en las modernas plantaciones de cacao, la polinización es asistida artificialmente por el hombre. Cuando son polinizadas hay un cambio drástico como las pequeñas flores se desarrollan en vainas de cacao.



Figura III. Desarrollo del fruto en el árbol de cacao nacional fino de aroma en la Amazonía Ecuatoriana
Fuente: Gabriela Yanzapanta

Se tarda entre 5 a 8 meses para que la flor de cacao florezca la fruta y se convierta en una vaina. Tanto la fruta y las flores están en el árbol durante todo el año, lo cual es raro en el mundo de la producción de árboles frutales. Las flores iniciales parecen surgir por encima de cicatrices de las hojas. Se ha estimado que el desarrollo de la flor del árbol de *Theobroma cacao* tarda entre 21 a 30 días. La flor no produce néctar y no tiene olor perceptible.

Cuando se alcanza la plena floración, la polinización se lleva a cabo en las horas de la mañana y si esto no se produce dentro de las 24 horas, las flores caen pronto. La polinización antes del mediodía es la mejor. Los insectos que polinizan las flores de cacao viven en la selva. El hábitat natural del cacao requiere de un clima húmedo con un poco de sombra, una amplia gama de especies y materia en descomposición en el suelo.

Paoletti y colaboradores (2012) señalan que durante los primeros 40 días después de la polinización, las vainas pequeñas crecen lentamente, seguidas de una rápida fase de crecimiento. Durante la siguiente fase (85 a 140 días), el crecimiento de las vainas y semillas de cacao se vuelve lento debido a que se inicia con la acumulación de grasa. Esto es seguido por la fase de maduración. Se tarda 5-6

meses después de la polinización de la vaina para alcanzar su plena madurez. El fruto maduro, llamado "cacao vaina", es una baya ovoide indehiscente grande, de 15-30 cm de largo y 8-10 cm de ancho, en la maduración alcanzan un color que va desde amarillo a naranja, y pesa alrededor de 500 g. Las vainas pueden variar en tamaño, forma y textura dependiendo de la variedad de *Theobroma cacao*. El fruto contiene semillas de 20-60, normalmente llamados "granos", rodeado de mucílago dulce. La pulpa pegajosa dentro de la vaina de cacao es comestible y su sabor es como el mango. Cada semilla contiene el embrión y dos cotiledones grandes, de color blanquecino a morado oscuro. Las semillas contienen una cantidad significativa de grasa (40-50% como manteca de cacao). Su componente activo más conocido es la teobromina, un compuesto similar a la cafeína.

2.6.2. Cosecha del cacao



El fino de
ana

Fuente: Gabriela Yanzapanta

Arnold, *et al.*, (2003) y Hanada, *et al.*, (2010) citados por Colombo, Pinorini y Conti (2012) revelan que las frutas maduras de cacao no se caen naturalmente al suelo como otras frutas por ello la dispersión de las semillas sólo se puede lograr por los animales atraídos por las frutas maduras como un alimento.

La pulpa de la fruta de cacao es comestible, es de color amarillento, resbaladizo y dulce un poco menos densa que una manzana. Se describe como limón, aunque también se ha sugerido que su sabor es un poco como el mango. Las semillas son

dispersadas por monos y otros mamíferos pequeños que rompen la vaina con el fin de comer la pulpa. Cuando el árbol del cacao se cultiva en plantaciones intensivas, los frutos (vainas) deben ser retirados de los árboles individualmente a mano; los agricultores suelen utilizar machetes o cuchillos grandes unidos a los postes para cortar las vainas maduras, teniendo cuidado de no dañar los brotes cercanos. Las vainas se las colocan suavemente en el suelo, luego de ser abiertas, se retiran los granos o almendras y se desecha la cubierta exterior.

El árbol del cacao es interesante en su biología, en especial por la presencia de hongos endófitos. Hongos endófitos son hongos que colonizan y crecen asintómicamente dentro de los tejidos internos de la planta sin causar daño a su anfitrión, excepto cuando el anfitrión está bajo condiciones de estrés. Estos hongos se han observado en muchas plantas, pero la investigación se ha centrado principalmente en la asociación de gramíneas templadas y endófitos. En esta simbiosis, los endófitos ayudan a tolerar factores adversos bióticos y abióticos que destacan su condición de una nueva fuente de agentes de control biológico para combatir patógenos del cacao. Por esta razón, la asociación se considera generalmente mutua, pero la generalidad de estas prestaciones no es claro para todas las plantas hospedantes. Los endófitos son abundantes en las hojas, tallos y frutos de *T. cacao* y pertenecen a diferentes cepas. Un total de 150 hongos endófitos se han aislado a partir de tallos de cacao, pertenecientes principalmente al grupo *Ascomycetes*, las familias *Botryosphaeriaceae*, *Valsaceae* y *Nectriaceae* son los más frecuentes. El hongo *Fusarium* spp. es el género dominante y presenta la mayor diversidad. El potencial de endofitos para controlar la enfermedad de cacao es apoyada por la observación de que muchos endófitos antagonizan otros hongos que pueden causar enfermedades, por ejemplo, la *Basidiomycete crinipelli sperniciosa* (enfermedad de la escoba de bruja), el *Ascomiceto noniliophthora roreri* (enfermedad moniliacis) y *Phytophthora palmivora* (enfermedad mazorca negra).

2.6.3. Entorno climático

Daymond (2000) en su estudio sobre los parámetros fisiológicos entre variedades de cacao indica que el crecimiento y el desarrollo del cacao está determinado por factores ambientales como: temperatura, luz, precipitación, humedad relativa y otros, que varían de acuerdo a la zona de cultivo. Esta variación hace que su comportamiento sea diferente en cada sitio y en ocasiones el entorno climático altera dramáticamente la fenología del cultivo.

Amores (1992) y Arévalo *et al.* (2004) indican algunos factores ambientales importantes para la producción de cacao:

Temperatura.- La temperatura media anual óptima para el cacao se sitúa alrededor de 25°C y no debe ser inferior a 21°C. Los niveles de temperatura son adecuados para el cultivo en las proximidades de la línea ecuatorial y a baja altitud. Hay plantaciones comerciales con buenos rendimientos en ambientes con temperatura promedio de 23°C. La media mínima diaria debe ser superior a 15°C y la mínima absoluta nunca inferior a 10°C; el cacao no soporta temperaturas bajo cero, aunque sea por poco tiempo.

Según Hardy (1961) citado por Arévalo y colaboradores (2004) las temperaturas muy altas afectan las funciones de la planta, entre ellas la floración y desarrollo foliar que se restringen con temperaturas superiores a 30°C. La temperatura también influye sobre el desarrollo de los frutos que en los meses más calurosos maduran entre 140 y 175 días, mientras que en los más fríos, la maduración ocurre entre 167 y 205 días.

Altura.- El árbol de cacao crece a alturas de alrededor de 200-400 msnm, en zonas de 1.000-3.000 mm de lluvia por año.

Clima: Requiere un clima húmedo, con lluvias regulares y buenos suelos.

Luminosidad.- La energía solar radiante ilumina y calienta las plantas. El componente luminoso de esta energía se relaciona con la fotosíntesis, crecimiento de las células, entre otros procesos fisiológicos de las plantas. Los factores que influyen en la cantidad total de radiación que recibe una zona determinada son: latitud, tiempo y nubosidad.

Además Sánchez (1976) indica que para el crecimiento normal, el cacao joven requiere de una sombra relativamente densa que permita el paso del 30% a 50% de la luminosidad total recibida en el sitio, ya que a temprana edad las plantas no producen suficiente.

Precipitación.- La precipitación anual para satisfacer las necesidades hídricas del cultivo del cacao, oscila entre 1.500 a 2.500 mm en zonas bajas y cálidas, y entre 1.200 a 1.500 mm en las zonas más frescas de pie de monte, como por ejemplo en los sectores de las Naves y Echeandia, provincias de Cotopaxi y Bolívar. En zonas con exceso de lluvia, por ejemplo más de 3000 mm al año, la explotación comercial del cacao sólo resulta económica en suelos bien drenados o accidentados, donde el agua no se acumula por mucho tiempo. El anegamiento y estancamiento del agua en la huerta por más de cinco días, provoca la asfixia y muerte de las raíces y finalmente la muerte de las plantas.

2.6.4. Requerimientos nutricionales del cultivo de cacao en el Ecuador

Según Amores y colaboradores (2009) menciona los requerimientos nutricionales para el cultivo de cacao:

- Los suelos minerales contienen entre 90% y 99% de materia mineral y 1 a 10% de materia orgánica, como fuentes primarias de nutrientes. Sin embargo, las fuentes se debilitan con el pasar del tiempo, debilitamiento que es dependiente del tipo de suelo y la intensidad de su uso por la agricultura. Si tal cosa ocurre, surge la necesidad de abonar para agregar los nutrientes que se encuentran en insuficiencia.
- Las plantas absorben del suelo un número de elementos nutritivos en proporciones específicas y es importante que estas proporciones se mantengan balanceadas para facilitar su absorción. De acuerdo a la intensidad de la demanda, los nutrientes se clasifican en macro elementos: N, P y K; elementos secundarios: Ca, Mg y S; y micro elementos: Mn, Cu, Zn, Fe, Mo y B. Sin embargo, todos son igualmente esenciales para el metabolismo y desarrollo de las plantas.

- Previo al desarrollo de un programa de fertilización, es necesario disponer de un diagnóstico del nivel de fertilidad natural del suelo, preferiblemente a través de los resultados del análisis de suelo y foliar.

2.6.5. Composición química

Según Colombo, Pinorini y Conti (2012) la composición química de los granos de cacao es:

Lípidos.- Los granos de cacao contienen manteca de cacao entre un 50% a 57% en peso seco y es responsable de las propiedades de fusión del chocolate. Los ácidos grasos predominantes en la manteca de cacao están en estado saturado (35% esteárico y palmítico 25%), monoinsaturado (oleico 35%) y 3% de ácido graso linoléico poliinsaturado. Como consecuencia del alto contenido de ácido graso saturado que tiene el cacao, a menudo es visto como un alimento negativo con respecto al sistema vascular. Sin embargo, el ácido esteárico no eleva los niveles de colesterol en sangre a la misma medida que otros ácidos grasos saturados. Las posibles explicaciones para esta disparidad pueden incluir la longitud de la cadena, la absorción ineficiente, cinética de metabolismo, y de saturación hepática de ácidos esteárico a ácido oleico. La inclusión de una cantidad moderada de chocolate que contiene ácido esteárico en la dieta, no se predice que tienen efectos adversos sobre los lípidos y los perfiles de lipoproteínas en los individuos, siempre y cuando la cantidad total de consumo de grasas y calorías se mantenga constante.

Esteroles.- Los esteroides y estanoles vegetales pueden contribuir a mejorar los perfiles de lípidos en sangre mediante la inhibición competitiva de la absorción de colesterol de la dieta en el intestino. Una pequeña cantidad de esteroides vegetales incluyendo sistosterol y estigmasterol están presentes en la manteca de cacao. Es probable que niveles menores de esteroides en el chocolate terminado tengan un impacto limitado en la absorción de colesterol, sin embargo esto no se ha investigado.

Fibra.- El grano de cacao sin procesar tiene una cubierta de la semilla, que también se llama salvado, lo que representa el 15% del peso total de la almendra. El salvado es una buena fuente de fibra insoluble (44%) y también tiene algo de fibra soluble (11%) que podría contribuir a disminuir los lípidos séricos. En comparación, el cacao en polvo contiene menos del 2% de salvado y en productos acabados de chocolate el valor es muy pequeño. Por lo tanto, el consumo de chocolate no contribuye significativamente a la ingesta de fibra dietética.

Polifenoles.- Se ha demostrado que el cacao es uno de los alimentos más ricos en polifenoles junto con el té y el vino.

De acuerdo con Lee et al. (2003) citado por Colombo y colaboradores (2012) el cacao contiene una mayor proporción de flavonoides con respecto al té o vino tinto, la epicatequina ha sido reportada como el principal flavanol monomérico en el cacao, lo que representa aproximadamente el 35% del contenido fenólico total. Además Kelm, *et al.* (2006) y Gu, *et al.* (2006) citados de igual manera por Colombo y colaboradores (2012) señalan que la catequina y la epicatequina se han encontrado en concentraciones de 150-1.580 mg/kg en el chocolate y 2.530 mg/kg a 3.170 mg/kg en licor de cacao. Las procianidinas se han reportado en concentraciones de 2.200 mg/kg a 13.230 mg/kg en licores de cacao. Muchos fenoles se encuentran como glucósidos presentes en el cacao, principalmente glucósidos, galactósido y arabinosa.

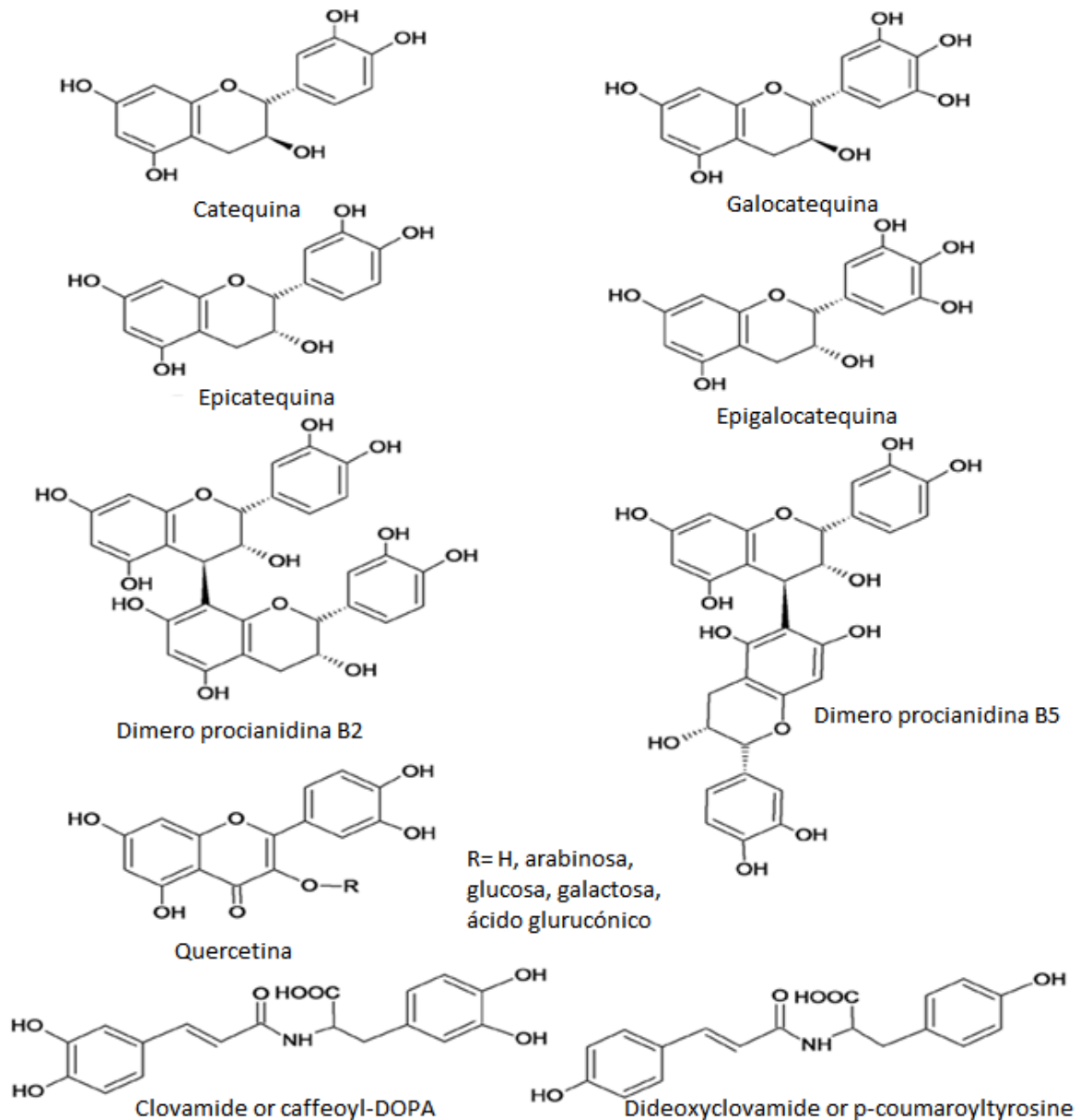


Figura V: Estructura química de algunos polifenoles de cacao.

Fuente: Colombo, *et al.* 2012.

Minerales.- El cacao es una fuente muy rica de muchos minerales esenciales. Como en cualquier otra planta de alimentos, el contenido mineral de cacao refleja el suelo en el que se cultivó, siendo los valores variables. Otra posible fuente de variabilidad de los datos puede ser la contaminación con el cobre y el zinc de las herramientas de molienda utilizados para producir las masas de cacao. El cacao tiene el potencial de proporcionar una cantidad significativa de minerales en la

dieta humana, en particular cobre, hierro, magnesio, calcio, potasio y zinc. Cabe señalar que el ácido oxálico, fítico, polifenoles (en particular procianidinas) y fibra puede interferir con la absorción de minerales.

Según Hermann, *et al.* (2006) citado por Colombo y colaboradores (2012) menciona que los productos de cacao y el cacao contienen cantidades relativamente altas de magnesio en comparación con el té negro, vino tinto y las manzanas. El magnesio está implicado en la catálisis de las reacciones, incluyendo la síntesis de proteínas, la transmisión del impulso nervioso, la relajación muscular, la producción de energía. El contenido de magnesio de cacao es muy alta: alrededor de 500 mg por cada 100 g.

Las metilxantinas.- Aparte de los polifenoles, el cacao es rico en metilxantinas, es decir, la cafeína, teobromina y teofilina. La teobromina es el alcaloide de base purina dominante en el cacao en grano. La teobromina es un alcaloide también importante en el pericarpio joven y está presente casi exclusivamente en los cotiledones de las semillas. La cafeína y el 3-metilxantina son los alcaloides principales pericarpio maduro. Los niveles de cafeína son relativamente bajos en el cacao, en comparación con las que se encuentran en el café y el té.

Los péptidos.- Los granos de cacao contienen cuatro tipos de proteínas, es decir, albúminas, globulinas, prolaminas y glutelina. Fracciones de albúmina y globulina representaron el 52% y el 43% de la proteína total de la almendra, respectivamente. La actividad antioxidante del cacao se atribuye a la histidina, tirosina, metionina y cisteína. Existen pocos estudios sobre la contribución de los péptidos de cacao hacia la salud.

Cuadro III. Composición química de almendras de cacao fermentadas y secas.

Componentes	Fermentado	Cascara	Germen o
--------------------	-------------------	----------------	-----------------

	y seco (%)	(%)	Radícula (%)
Agua	5,00	4,5	8,50
Grasa	54,00	1,50	3,50
Cafeína	0,20	-	-
Teobromina	1,20	1,40	-
Polihidroxifenoles	6,00	-	-
Proteína bruta	11,50	1,90	25,10
Mono-oligosacaridios	1,00	0,10	2,30
Almidón	6,00	-	-
Pentosanos	1,50	7,00	-
Celulosa	9,00	26,50	4,30
Ácidos carboxílicos	1,50	-	-
Otras sustancias	0,50	-	-
Cenizas	2,60	80	6,30

Fuente: Belitz y Grosch, citados por Calderón (2002).

2.6.6. Tipos de Cacao:

Por su origen y características genéticas Amores, *et al.* (2009) ha clasificado al cacao en cuatro tipos:

Criollo: Conocido como de buen sabor o de alta calidad. Son arboles relativamente bajos y menos robustos respecto de otras variedades. La copa es redonda, con hojas pequeñas de forma ovalada, de color verde claro y bastante gruesas. Las almendras son generalmente de color blanco.

Forastero Amazónico: Constituye el 80% de la producción mundial. Se llaman forasteros Amazónicos porque se encuentran distribuidos en la cuenca del río Amazonas y en la de sus afluentes, posee mazorcas amarillas con un pequeño cuello de botella en la base. Las almendras son aplanadas y pequeñas, de color morado.

Trinitario: Diferente y heterogéneo, es el resultado del cruce entre el cacao de tipo criollo y forastero, puesto que su calidad es intermedia. Originalmente fueron seleccionados en la isla de Trinidad y de ahí su nombre. Sus almendras son de color variable. Los cacaos trinitarios representan del 10% al 15% de la producción mundial.

Nacional de Ecuador: Presenta características semejantes al de tipo forastero amelonado. Sin embargo existen pocas plantaciones puras de cacao nacional. Lo que más se ve, son plantaciones producto del cruzamiento natural de la variedad nacional con materiales introducidos desde Venezuela y Trinidad, conocidos como complejo de cacao Nacional-Trinitario.



Figura VI. Cacao Ecuatoriano

nacional

Fuente: Gabriela Yanzapanta

2.6.7. Cacao fino de aroma

Amores, *et al.* (2009) menciona que la variedad de cacao Nacional autóctona del Ecuador, comenzó a cultivarse comercialmente a principios del siglo XVIII. El cultivo fue ampliándose hacia el norte, a lo largo de las vías fluviales, a medida

que se incrementaba la demanda en Europa y decaía la producción en México y Venezuela, productores importantes de cacao en esa época.

Enríquez (1985) y Vera (1993) citado por Amores y colaboradores (2009) indican que la variedad es originaria de los declives orientales de la Cordillera de Los Andes. En efecto, se ha observado el mismo tipo de mazorca y semilla en plantas nativas en las zonas de Tena, Archidona y Macas, especulándose que los frutos transportados de un lado a otro de la cordillera, posiblemente a través de monos y ardillas, dieron lugar a las primeras plantas de cacao en la Costa. Además Llor (2007) indicó que evidencias científicas en base a resultados sobre la genética molecular del cacao ecuatoriano refuerzan esta teoría.

Por lo cual el cacao ecuatoriano es considerado tradicionalmente como el más fino del mundo, por sus cualidades genéticas de sabor y aroma; se comercializa anualmente en mercados externos aproximadamente 70.000 tm de este tipo, cerca de 61% de la producción mundial de cacao fino de aroma.

2.6.8. Calidad del cacao

Según Moreno y Sánchez (1989) la calidad final del cacao resulta de un largo proceso que se inicia en la finca con la selección del terreno y la siembra del material genético apropiado, continúa con la aplicación de buenas prácticas agrícolas, combinado con la influencia de los factores climáticos sobre el desarrollo del fruto. Luego prosigue con la fase de beneficio que abarca la cosecha, apertura de mazorcas, extracción de semillas, fermentación y secado, y culmina con la clasificación, empaque y almacenamiento de las almendras.

Por otro lado, Jiménez (2003) y Amores (1999) concuerdan con esta opinión al referirse a la calidad final del grano como la capacidad para generar sabor y aroma a chocolate, en un contexto de inocuidad y pureza, calidad que es dependiente del material genético y correcto proceso de fermentación y secado. La combinación de diferentes niveles de estos factores produce resultados distintos, unos más ajustados a los requerimientos de la industria que otros.

2.6.9. Proceso de beneficio del cacao

Según Jiménez (2003) el beneficiado se refiere a la preparación de las almendras como paso previo para su comercialización e industrialización. Con este propósito, se ejecutan una serie de operaciones ordenadas que se inician con la cosecha de las mazorcas en el punto de maduración adecuado para extraer las almendras, seguida por la fermentación y concluyendo con el secado del grano. Las almendras fermentadas y secas representan un producto de mejor calidad cuyo transporte y almacenamiento es más fácil.

2.6.10. Proceso de cosecha

Según Moreno y Sánchez (1989) la cosecha consiste en la recolección de las mazorcas sanas y maduras. Si las mazorcas son de color verde adquieren un color amarillo vistoso al madurar, y si son rojas se tornan amarillo naranja. Otra señal de madurez, es el sonido que se produce en la mazorca al golpearla ligeramente, sugiriendo que algo se encuentra suelto en el interior.

La cosecha frecuente evita la sobre maduración de las mazorcas y germinación de las almendras en su interior. La presencia de almendras “picadas” en lotes comerciales de cacao, como resultado de la cosecha de mazorcas sobre-maduras con almendras germinadas, es un grave defecto porque los hongos invaden estas almendras, influyendo negativamente sobre el sabor del chocolate y poniendo en riesgo su inocuidad.

Rohan (1964) citado por Moreno y Sánchez (1989) menciona que el cosechar mazorcas pintonas también representa un problema, porque las almendras no han alcanzado el desarrollo completo, ni la pulpa contiene la cantidad de azúcar suficiente para la oxidación (fermentación) alcohólica. Con seguridad se obtendrán más almendras violetas al final de la fermentación.

Para lo cual Enríquez (1987) señala que en huertas de gran extensión, la cosecha se efectúa cada semana o quincenalmente; si la huerta es pequeña la cosecha es quincenal durante los periodos “pico” de cosecha y mensual el resto del año.

2.6.11. Proceso de postcosecha cacao

Según Ramos (2004) después de cosechadas las mazorcas deben ser seleccionadas y clasificadas evitando mezclas entre variedades y retirando todas las mazorcas en mal estado. Las mazorcas se transportan en cajas de madera, sacos plásticos, entre otros, al sitio escogido para su apertura. Allí se abren con machete en mano, o golpeándolas contra un machete fijado a dos trozos de madera clavadas en el suelo. Con las mazorcas abiertas, las almendras se extraen con los dedos o herramientas especiales diseñadas para este propósito, evitando en lo posible su contacto con superficies metálicas.

Es preferible abrir las mazorcas y extraer las semillas lo más pronto que se pueda después de la cosecha, aunque tal cosa no siempre es posible. En caso de que la cosecha no se complete el mismo día, las mazorcas cosechadas pueden esperar hasta tres días antes de abrirlas, particularmente si se trata de cacaos de tipo forastero o trinitario. El periodo de espera también se llama “aguante” y es de dos días para los cacaos criollos. Pero eso sí, hay que tener el cuidado de extraer las almendras el mismo día en que se va a poner a fermentar la masa de cacao, de lo contrario se pierde gran parte del mucílago y azúcares incrementándose el riesgo de sub fermentación.

2.6.12. Proceso de fermentación

Según Ramos (2004) y Rohan (1964), la fermentación de cacao normalmente se tarda entre cuatro a siete días dependiendo de la variedad de cacao, la producción de precursores del aroma durante la fermentación es importante para que se desarrolle el aroma de chocolate. Hay etapas internas y externas que intervienen en la fermentación del cacao. Fermentación externa implica principalmente el

catabolismo de la pasta de azúcar por microorganismos, mientras que la fermentación interna abarca los cambios bioquímicos en los cotiledones de las semillas. Durante la fermentación, los polifenoles se difunden desde sus celdas de almacenamiento y se someten a la oxidación a convertirse en compuestos de alto peso molecular condensados, como los taninos que en su mayoría son insolubles. Ambos procesos no enzimáticos y enzimáticos están involucrados y son catalizadas por la polifenol oxidasa.

La fermentación es el proceso de transformación de los azúcares de la baba o mucílago en alcohol etílico mediante la acción de las levaduras. Esta fase es seguida por la transformación del alcohol en ácido acético, por la intervención de bacterias lácticas y acéticas. Hasta aquí la fermentación en el estricto sentido de la palabra. El ácido acético atraviesa la testa y se difunde hacia el interior de los cotiledones. Luego, mediante la acción combinada y balanceada de la temperatura, acidez y humedad, ocurre la muerte del embrión. Con el embrión muerto, se rompen las estructuras de almacenamiento en el interior de células de los cotiledones, produciéndose la liberación de los polifenoles y proteínas de reserva, seguida por las reacciones químicas que generan los compuestos precursores del sabor y aroma del sabor a cacao y chocolate. Las almendras no fermentadas o con fermentación insuficiente producen lotes de cacao con baja calidad sensorial.

Para el mejor desarrollo de la fermentación, se requiere que esta se lleve a cabo en un lugar que no se encuentre expuesto a corrientes de viento fuertes, aunque si tiene que estar ventilado. El sitio es especial y destinado solamente para el cacao, teniendo el cuidado de no ubicar en los alrededores materiales como combustibles, agroquímicos o cualquier otro contaminante. Tampoco hay que permitir la entrada de animales como aves, cerdos, perros, entre otros, al área de fermentación, y cuyos desechos en contacto con el cacao afectan seriamente su calidad final.

Métodos de fermentación

Según Ramos (2004); Gutiérrez (1988); Moreno, *et al.* (1989); Arévalo *et al.*, (2004) el sistema de fermentación del cacao varía de acuerdo con el volumen de producción de la finca, ya que es complejo y costoso cuando los volúmenes cosechados son grandes. Existen varios tipos de instalaciones para fermentar y los más utilizados se describen a continuación:

Cajones de madera a un nivel.- Los cajones se construyen con tablonces de maderas finas, preferiblemente blancas, resistentes a la humedad tales como el cedro, nogal, entre otros, que no desprendan sustancias extrañas, por ejemplo taninos, que interfieren con la calidad final del cacao.

Cajones de madera tipo escalera.- Este sistema se forma con varias series de tres cajones de madera, colocados a diferentes niveles, como formando una escalera. El cacao recién cosechado se coloca en el cajón superior y durante la primera remoción (a las 24 horas), la masa se vierte en el cajón inmediatamente inferior. Luego de transcurrido igual tiempo la masa se vierte en el último cajón. Este procedimiento propicia la aireación de la masa, condición que es de gran importancia para el normal desarrollo del proceso fermentativo.

Fermentación en montón.- Se hace un tendido de hojas de plátano sobre tablas de madera o un piso de caña para amontonar allí las almendras frescas. Luego éstas se cubren con el mismo tipo de hojas para que comience la fermentación. Los montones se tapan adicionalmente con sacos de yute para reducir la pérdida de calor.

Fermentación en sacos.- Una práctica común del productor es llenar sacos con cacao fresco para luego dejarlos colgando con el fin de facilitar el escurrimiento. Alternativamente, se acostumbra amontonar los sacos en el piso por un periodo de 5 a 7 días, o los que sean necesarios según el tipo de cacao. Se remueve la masa dentro de los sacos para promover la aireación y completar la fermentación. Si el método no se maneja bien, da lugar a un alto porcentaje de almendras tipo violeta y pizarra, afectándose seriamente la calidad sensorial del cacao.

Micro fermentaciones.- Es un sistema útil para fermentar pequeñas cantidades de masa de cacao fresco. Ha sido adaptado para pruebas de investigación acerca del proceso fermentativo y es el que se utilizó en este estudio. Se utilizan muestras de cacao hasta de 4 Kg, colocando la masa en pequeños sacos de tela con mallas de 45 cm de largo por 25 cm de ancho. La masa de cacao queda holgada dentro de la malla para facilitar la eliminación natural del mucílago y la remoción de las almendras cuando sea necesario. Los pequeños sacos se ubican en el interior de una gran masa fermentante, preferiblemente más de 100 Kg, para simular las condiciones y reacciones normales del proceso de fermentación.

Tiempo de fermentación

Braudeau (1970); Moreno y Sánchez (1989); Ramos (2004) indican que el cacao de la variedad nacional necesita un tiempo de fermentación más prolongado que el cacao criollo que usualmente se fermenta por tres días. Los cacaos de tipo forastero se fermentan por cinco a siete días. La longitud del tiempo de fermentación está relacionada con la cantidad de pulpa y concentración de polifenoles en las almendras, según el genotipo de que se trate. Por lo general, mientras el color de los cotiledones es más violeta-oscuro, el tiempo de fermentación se prolonga más. La intensidad de la coloración depende a su vez de la concentración de antocianina, un pigmento que es parte de la carga total de polifenoles que contiene el cacao. Los cacaos criollos tienen menos antocianina y en general polifenoles, por eso fermentan más rápido.

Temperatura en la fermentación

Según Wood (1983) y Enríquez (2004), durante los primeros días de fermentación, la temperatura de la masa varía entre 45°C y 50°C, una variación normal dentro de este proceso. Luego empieza a descender lentamente para volver a subir a 48°C y 50°C, luego de la primera remoción de la masa.

El embrión en el interior de la almendra muere cuando la temperatura llega a 45°C, marcándose el inicio de los cambios bioquímicos que conducirán a la formación de los precursores del sabor y aroma a chocolate

Semiglia (1979) citado por Enríquez (2004) señala que las temperaturas más altas se producen en la capa superior de la masa entre el segundo y tercer día a partir del inicio de la fermentación. Esta afirmación es corroborada por Saltos (2005) quién logró establecer una diferencia de 6°C entre la temperatura de la capa superior de la masa fermentante y la de la capa inmediatamente inferior.

Las condiciones climáticas particulares durante el año, así como el genotipo, ejercen un papel importante en la fermentación y el secado. En zonas con climas calientes, la fermentación tarda menos que en otras con temperaturas más moderadas. Como es de esperarse, tales condiciones influyen sobre la calidad final del producto.

2.6.13. Proceso de Secado

Braudeau (1970); Wood (1983) y Gutiérrez (1988) indican que durante el secado el aire penetra a las almendras a través de la cutícula o testa, oxidándose parte de los polifenoles que aún quedan en el grano. Esta fase es la continuación de las reacciones bioquímicas internas que conducen al desarrollo de los precursores del sabor y aroma del cacao en almendras bien fermentadas. Al final, la oxidación se detiene porque la falta de humedad en la almendra inactiva las enzimas que regulan el proceso oxidante. Cabe señalar que al completarse la fermentación, las almendras terminan con alrededor del 55% de humedad, la que mediante el secado baja hasta 6% o 7%, nivel necesario para su almacenamiento seguro.

El secado también contribuye a la disminución del amargor y la astringencia del cacao y a reducir el riesgo de que se desarrollen olores no deseados en las almendras. Se utilizan dos métodos para el secado: el natural (secado al sol) y el artificial (secadoras mecánicas). Aunque más aconsejable es el primero por su aporte para la disminución de la acidez volátil del grano.

Gutiérrez (1988) en su estudio sobre el beneficiado del cacao señala varios tipos de secado que se mencionan a continuación:

Secado natural (al sol).- La longitud del tiempo de secado depende de las condiciones climáticas, número de horas de iluminación y de la intensidad de los rayos solares. Durante el primer día el secado se realiza por dos a tres horas, esparciéndose las almendras en una capa de 4cm a 5 cm de espesor, la que se remueve varias veces a día. El espesor de la capa disminuye gradualmente a medida que pasan los días; y el último día el espesor es de 1cm o el equivalente al diámetro de las almendras. Paralelamente, el periodo de exposición al sol se va ampliando, hay que evitar que se produzca el secado rápido de las almendras porque previene la oxidación del ácido acético en su interior, quedando una proporción importante de este compuesto atrapado en las almendras y afectando negativamente la calidad sensorial. Por el contrario, según Mossu, (1992) citado por Gutiérrez (1988) el secado muy lento causa el desarrollo de mohos que pueden penetrar la testa y alcanzar el cotiledón, destruyendo la calidad sensorial y creando serios problemas a la industria. La velocidad del secado depende de tres factores: transferencia de calor al interior de la almendra, movimiento de vapor de agua desde la almendra al aire circundante, y la cantidad de superficie de las almendras expuesta al aire. En Ecuador y otros países cacaoteros, el secado natural en tendales de cemento o caña, es el procedimiento más utilizado. Las marquesinas con pisos de madera, son estructuras cubiertas de plástico que dejan pasar la luz del sol y protegen las almendras de las lluvias impredecibles. Las marquesinas representan otro método de secado utilizando la energía solar.

Secado artificial (estufas).- Este tipo de secado es una alternativa necesaria para reducir la humedad del cacao en zonas con lluvias frecuentes, en períodos pico de cosecha o en plantaciones de gran extensión, donde es difícil el secado natural de toda la producción. Enríquez (2004) señala que hay varias alternativas de secadoras mecánicas, pero la mayoría se basa en el paso del aire seco y caliente por la masa de cacao; el calor para calentar el aire proviene usualmente de un quemador a gas. Para la utilización más efectiva de los secadores

artificiales, se recomienda que la fuente de calor se sitúe lejos de la superficie donde se ubican las almendras, reduciéndose el riesgo de contaminación del cacao con olores extraños, particularmente de combustible. Con frecuencia se combina el secado artificial con el secado natural, eliminándose gran parte de la humedad con el primer método que luego se complementa con el segundo.

2.6.14. Almacenamiento

Moreno y Sánchez (1989) y Jiménez (2003) indican que el cacao fermentado y seco se almacena en un lugar cerrado, ventilado y libre de humedad, alejado de productos dotados de algún olor como plaguicidas, desinfectantes y combustibles. Para el almacenamiento, las almendras se colocan en sacos limpios que se ubican sobre repisas o tablas para evitar el contacto directo con el suelo y también con las paredes. El cacao es un producto higroscópico capaz de absorber la humedad del aire. De allí que puede ser necesario secar cada cierto tiempo los lotes de cacao almacenados, para disminuir el riesgo de la presencia de mohos, sobre todo los que producen ocratoxinas (usualmente, son las especies del género *Aspergillus spp*), o el ataque de insectos y roedores.

Según Cross (2000) la calidad en el cacao se manifiesta a través de características físicas (tamaño, peso, grosor de la cáscara), químicas (contenido de grasa, polifenoles, entre otros) y sensoriales vinculadas con el sabor y el aroma. Con la excepción del contenido de humedad, la calidad comercial se aprecia con métodos subjetivos, mediante la aplicación de la prueba de corte (un total de 100 almendras se cortan por la mitad para observar el grado de fermentación en los cotiledones), en ocasiones complementada con lecturas de degustación. Esta última práctica se está generalizando y volviendo cada vez más importante para adaptar el comercio a la segmentación creciente del mercado cacaotero. Un componente valioso de la calidad total por su influencia en las características de los chocolates negros, es la dimensión aromática, el perfil aromático del cacao depende de la composición bioquímica de las almendras, la

que a su vez queda determinada por factores ambientales, genéticos, manejo post cosecha, torrefacción, entre otros.

2.6.15. Calidad física

Según Amores, (2009), la calidad física es la forma como los países compradores clasifican las almendras de cacao por su apariencia, humedad, contenido de materiales extraños, mohos, insectos, y otros. Hay características afectadas por el ambiente durante el desarrollo de la mazorca; por ejemplo la deficiencia de agua y nutrientes impide que las semillas alcancen su tamaño normal. De allí que el índice de semilla es más alto al final del periodo lluvioso por las mejores condiciones para el desarrollo de las almendras.

La comercialización internacional requiere cacaos con índice de semilla arriba de 1g. El índice promedio de semilla para el cacao ecuatoriano es de 1.26 g. El de Ghana, considerado el referente mundial para la calidad, particularmente física, en el mejor de los casos llega a 1.15 g.

Además Alvarado y Bullard (1961) mencionan que el porcentaje de la testa o cascarilla posee un fuerte componente genético moviéndose en un rango que va desde 6% al 16%. Usualmente, mantiene una relación inversamente proporcional con el tamaño de la almendra, es decir que el porcentaje es más alto en las almendras pequeñas y menor en las más grandes. De la magnitud del porcentaje de cascarilla se derivan importantes implicaciones económicas para el transporte y el rendimiento de “nibs”, es decir de los cotiledones triturados. Obviamente, el mercado prefiere almendras con más “nibs” y menos cascarilla.

2.6.16. Grasa

La manteca de cacao según Codini y colaboradores, (2004) es la grasa (polimorfa) natural comestible procedente de la almendra de cacao, extraída durante el proceso de fabricación del chocolate y que se separa de la masa de cacao mediante presión. Es el ingrediente de mayor influencia en el costo del

chocolate. Constituye aproximadamente una tercera parte en el contenido del producto terminado y es la responsable de sus características tan apreciadas, como lo dureza, la rápida y completa fusión en la boca, el brillo y la vida útil.

2.6.17. Polifenoles

Según el CONACYT (2013) los compuestos fenólicos o polifenoles constituyen uno de los grupos más numerosos y ampliamente distribuida de sustancias en el reino vegetal, con más de 8.000 estructuras fenólicas conocidas en la actualidad. Los polifenoles son generalmente subdivididos en taninos hidrolizables, que son ésteres de ácido gálico de glucosa y otros azúcares; y fenilpropanoides, como la lignina, flavonoides y taninos condensados.

Los polifenoles presentes de forma natural en el cacao retardan durante largos períodos la oxidación del chocolate blanco y con leche. Son conservantes naturales. Además los flavonoides presentes en el cacao pueden contrarrestar la oxidación que convierte en colesterol bueno (HDL) en colesterol malo (LDL). Se cree que esta transformación es la causante de enfermedades del corazón y en los vasos sanguíneos. Poco se conoce aún sobre los efectos de los llamados flavonoides del cacao en dosis normales de consumo. Basándose en los últimos estudios, los científicos anuncian que los flavonoides del cacao tendrán un efecto anti-oxidante superior al de los flavonoides encontrados en el vino tinto.

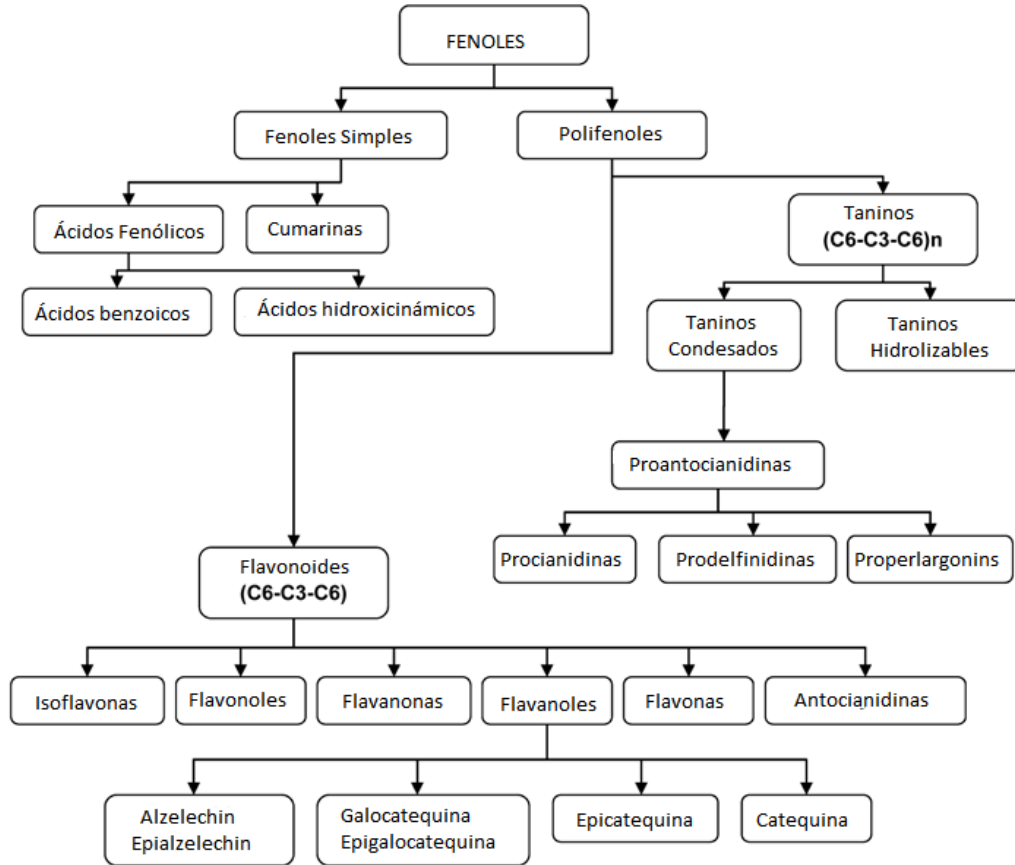


Figura VII. Esquema de clasificación de polifenoles de acuerdo con el número de subunidades de fenol y la jerarquía de los flavonoides comunes monómeros y polímeros.

Fuente: Colombo, *et al.* 2012.

2.6.18. Alcaloides

Según Braudeau (1970) el sabor amargo del cacao está influenciado en gran parte por el contenido de las purinas (teobromina y cafeína) y en menor grado por los compuestos fenólicos. Señala que los cacaos criollos poseen menor índice de amargor, en respuesta a una menor concentración de teobromina, comparados con otros grupos genéticos.

Wakao (2002) menciona que la teobromina (3, 7- dimetilxantina) y la cafeína (1, 3, 7-trimetilxantina) pertenecen a la familia de las purinas y representan más del 99% de los alcaloides presentes en el cacao. La concentración final de ambos, está

determinada por el genotipo, el grado de maduración de las almendras y el nivel de fermentación. Durante la fermentación, el contenido de teobromina y cafeína se reduce entre el 20% y el 30%, contribuyendo al descenso en el nivel de amargor de los granos al reducirse el aporte de la teobromina en la expresión de este rasgo sensorial. Demostrando también que los contenidos de teobromina y cafeína, disminuyen a medida que avanza la fermentación, en proporciones que varían entre el 15% y el 24%. Además encontró que los distintos tipos de cacao presentaron diferencias en el contenido de cafeína y de teobromina, sugiriendo su posible utilidad para la diferenciación de genotipos.

Además la reducción de las purinas causada por la fermentación, es similar en porcentaje para la teobromina y cafeína, concordando con resultados de un estudio conducido por Amores, *et al.* (2005).

2.7. Hipótesis

Hipótesis nula (H₀):

H₀: No existe diferencia significativa en el contenido de polifenoles totales, alcaloides y grasa en las zonas productoras de cacao fino de aroma de las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana.

Hipótesis alternativa (H₁):

H₁: Existe diferencia significativa en el contenido de polifenoles totales, alcaloides y grasa en las zonas productoras de cacao fino de aroma de las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana.

2.8. Señalamiento de variables de la hipótesis

Variable Independiente

Zonas de producción de cacao nacional fino de aroma de las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana.

Variable Dependiente

Contenido de polifenoles totales, alcaloides y grasa.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Enfoque

El enfoque que presenta la investigación es de forma cuantitativa, ya que se midió el contenido de compuestos químicos (grasa, polifenoles totales y alcaloides) que posee el cacao fino de aroma de acuerdo a las zonas de producción, esto se realizó mediante la recolección y análisis de datos; los cuales son parte del método científico que permiten contestar las preguntas de la investigación y probar la hipótesis, con la utilización de elementos estadísticos para así poder establecer patrones de comportamiento de una muestra estudiada.

3.2. Nivel o tipo de investigación

La investigación tiene varios niveles y cada uno de ellos tiene características específicas y objetivas que se articulan con los objetivos tomados en cuenta para la investigación según Herrera (2002). Los niveles a los que se llegó en la investigación son: exploratorio, correlacional o de asociación de variables, descriptivo.

Exploratorio porque permitió desarrollar un tema nuevo de investigación el estudio del contenido de polifenoles totales, alcaloides y grasa en el cacao fino de aroma de acuerdo a las diferentes zonas de producción en la región amazónica del Ecuador.

Correlacional, el cual se refiere al grado de relación (no causal) que existe entre dos o más variables. Para la realización de este tipo de estudio se midió la asociatividad de las variables mediante pruebas de hipótesis y la aplicación de técnicas estadísticas, que determinaron si existe diferencia o no en el contenido de polifenoles totales, alcaloides y grasa en las diferentes zonas de producción de

cacao fino de aroma en cada provincia y entre las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana de la región Amazónica del Ecuador.

Descriptivo porque al realizar la investigación se permite emitir criterios de aceptabilidad o rechazo frente a la posibilidad que exista o no diferencia en el contenido de polifenoles totales, alcaloides y grasa en el cacao producido entre y en cada una de las provincias en estudio.

3.3. Modalidad básica de la investigación

La investigación siguió una modalidad básica de investigación de tipo documental-bibliográfico y de campo.

Investigación documental – bibliográfica

Tiene el propósito de conocer, comparar, ampliar, profundizar y deducir diferentes enfoques, teorías, conceptualizaciones y criterios de diversos autores sobre una cuestión determinada, en este caso acerca del cacao (*Theobroma cacao L.*), sus componentes químicos (polifenoles totales, alcaloides y grasa), la localización geográfica de las zonas de producción, proceso de beneficio del cacao, entre otros., basándose en documentos o en libros, revistas, periódicos, y otras publicaciones.

Investigación de campo

Es el estudio sistemático de los hechos en el lugar en el que se producen los acontecimientos. En esta modalidad se toma contacto en forma directa con la realidad (fuentes primarias), en este caso los muestreos en las zonas de producción de cacao fino de aroma en las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana, de esta forma se cumplió con los objetivos del proyecto.

Investigación experimental

En la investigación experimental se necesitó de laboratorios, equipos, materiales, métodos para determinar el contenido de polifenoles totales, alcaloides y grasa en

las muestras de cacao, los mismos que se llevaron a cabo en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad del INIAP.

3.4. Métodos y técnicas de investigación

3.4.1. Características del sitio experimental

- Manejo post-cosecha

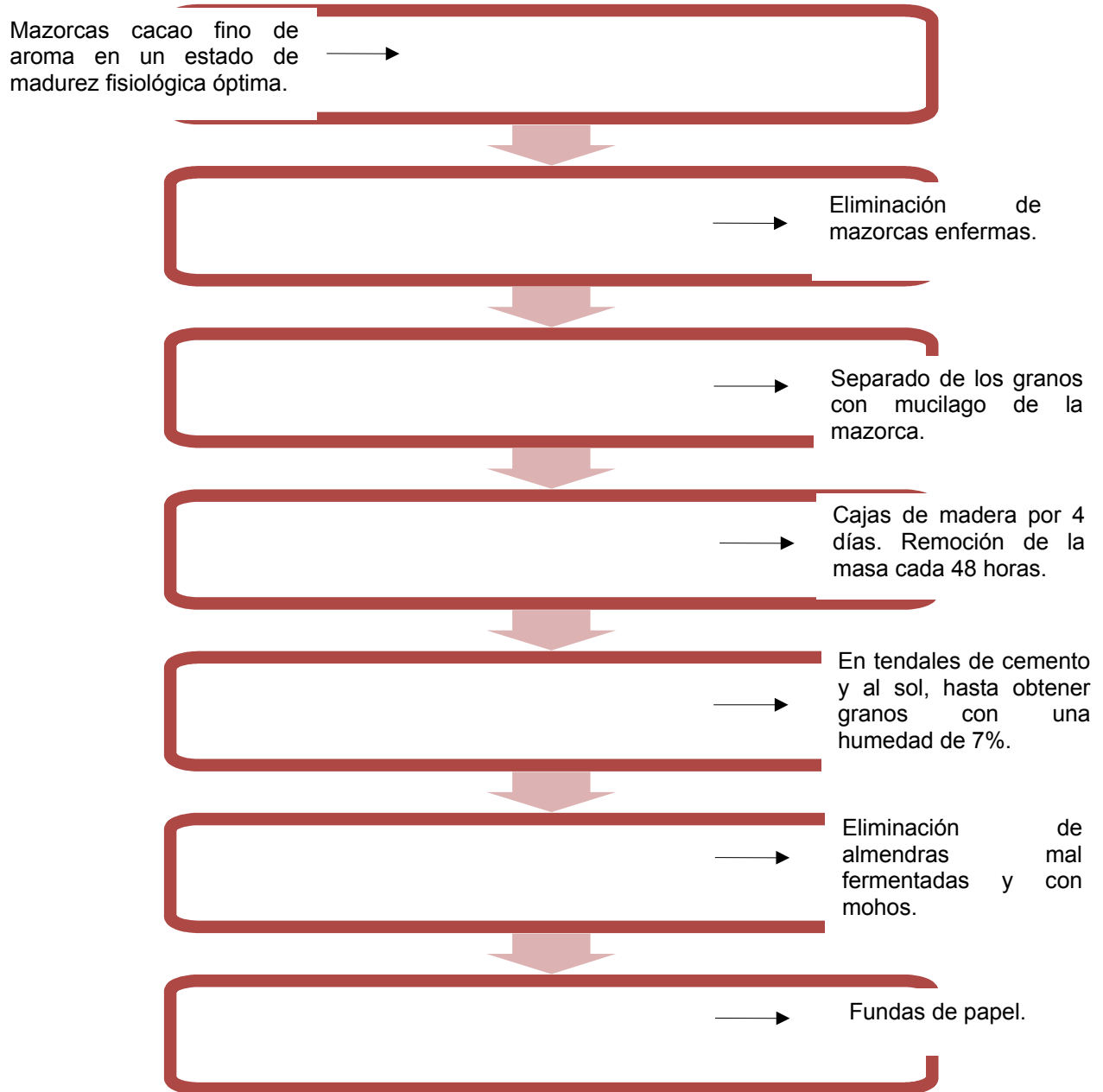
El manejo post-cosecha (fermentación y secado) de todas las muestras recolectadas se realizó en el Centro de tratamiento post-cosecha de cacao de la Estación Experimental Litoral Sur del INIAP, ubicada en Km 26 Vía Durán-Tambo, al Oeste de Guayaquil, Cantón Yaguachi, Provincia de Guayas, a una altitud de 17 msnm, Temperatura promedio de 24,6 °C, Humedad relativa promedio de 83 %, Precipitación anual de 1.398mm INIAP (2011).

- Análisis de laboratorio

Los análisis se realizó en los laboratorios del Departamento de Nutrición y Calidad de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, ubicada en la Parroquia Cutuglahua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, a una altitud de 3.058 m, la temperatura promedio es de 12.4 °C, la humedad relativa del 82% y un promedio de precipitación anual de 132.4mm INAMHI (2012).

3.4.2. Proceso de manejo postcosecha y beneficio de las muestras de cacao de la Amazonía

Diagrama I. Proceso del manejo postcosecha y beneficio del cacao.



Elaborado por: Gabriela Yanzapanta LI. 2013

3.5. Técnica de muestreo

Para los fines de la investigación el número de muestras se determinó aplicando la técnica del muestreo aleatorio estratificado con una distribución de Neyman, que consiste en dividir a la población en subconjuntos homogéneos llamados estratos que permiten hacer inferencia sobre el universo, debido a que la muestra está compuesta con unidades de todos y cada uno de los estratos de interés, estos estratos se definieron en función del listado de productores de cacao proporcionado por la Asociación de productores en la Amazonía Kallari y la GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Cooperación Alemana). (Anexo I).

3.5.1. Tamaño de la muestra

Mediante la técnica de muestreo aleatorio estratificado con distribución de Neyman; se calculó el tamaño de muestra, agrupando a los productores de cacao nacional fino de aroma de cada provincia productora en 2 estratos, utilizando las siguientes fórmulas:

$$n = \frac{\left(\sum_{i=1}^k N * S \right)^2}{N^2 D^2 + \sum_{i=1}^k N * S^2}$$

Para n global

Para n_i a nivel de estratos

$$n = \frac{N * S}{\sum_{i=1}^k N * S} \quad S^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (x - \bar{x})^2}{N - 1}$$

Dónde:

n = número de unidades de la muestra

k = número de estratos

n_i = número total de unidades en el i-esimo estrato

S = desviación estándar

S_i^2 = varianza en el i-esimo estrato

$$D^2 = \frac{d^2}{z^2_{\alpha/2}}$$

Dónde:

D^2 = precisión/confiabilidad

d^2 = precisión (Corresponde al 10% del valor de la media)

z^2 = confiabilidad (valor de $z_{\alpha/2}$ al 95% de confianza)

Para el cálculo se establecieron dos estratos de productores de cacao en base a la superficie con la cual participan, determinándose así los siguientes estratos.

Estratos:

- I Productores de cacao nacional que participan con 1 hectárea a 6 hectáreas.
- II Productores de cacao nacional que participan con 6,1 hectáreas a 12 hectáreas.

(Unda, 1993; Muestreo estratificado, 2012)

3.5.2. Procedimiento de muestreo

Con el apoyo de los técnicos del Programa de Café y Cacao, de la Estación Experimental Central Amazónica, se seleccionó dentro de cada provincia 3 cantones productores de cacao nacional fino de aroma en función del mapa cacaotero nacional elaborado por ANECACAO (2010), en el que se indican las provincias y cantones con mayor producción de cacao fino de aroma en la Amazonía Ecuatoriana.

Utilizando la ecuación de Neyman para los estratos establecidos se definió que se debe tomar entre 5 y 7 muestras por provincia, por lo cual en cada cantón seleccionado se identificaron al azar 5 fincas de productores de acuerdo a los listados proporcionados por la Asociación de productores de cacao Kallari y la GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Cooperación Alemana), de esta manera se tomaron 15 muestras por provincia. Para el muestreo se escogieron al azar 10 árboles de cacao nacional (complejo Nacional x Trinitario) y se cosecharon 20 frutos de cacao por duplicado es decir un total de 40 frutos, con la finalidad de obtener aproximadamente 1 kg de cacao fermentado y seco por muestra. En cada finca se tomaron datos de latitud y longitud geográfica mediante un GPS (Sistema de Posicionamiento Satelital) para facilitar la referencia y ubicación de los muestreos.

3.6. Análisis estadístico

Factores de estudio:

Para el estudio se consideraron como factores en estudio a tres provincias de mayor producción de cacao fino de aroma de la Amazonía Ecuatoriana. Tabla I.

Tabla I. Factores en estudio para la caracterización de cacao nacional fino de aroma en la Amazonía Ecuatoriana.

Provincias	Cantones	Finca/Productor	Respuestas experimentales								
			%Grasa	Polifenoles totales	Alcaloides	T/C					
S	Sucumbíos	L Lago Agrio	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				
		S Shushufindi	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				
		G Gonzalo Pizarro	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				
O	Orellana	E Francisco de Orellana (El Coca)	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				
		J Joya de los Sachas	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				
		R Loreto	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				
N	Napó	T Tena	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				
		A Archidona	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				
		C Carlos Julio A. Tola	P ₁	P ₂	P ₃	P ₄	P ₅				

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta LI. 2013

Tratamientos

La definición de los tratamientos se realizó de manera individual para cada una de las provincias productoras de cacao nacional: Sucumbíos, Orellana y Napo. En los tratamientos se considera que en cada cantón se elegirá 5 productores/fincas (P_1, P_2, P_3, P_4, P_5) para la toma de muestras en función de los estratos establecidos en la lista de productores proporcionadas por la Asociación de productores de cacao en la Amazonía Kallari y la GIZ (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit, Cooperación Alemana). (Anexo I). Tabla II.

Tabla II. Tratamientos para cada una de las provincias productoras de cacao nacional

Sucumbíos (S)		Orellana (O)		Napo (N)	
N	Tratamientos	N	Tratamientos	N	Tratamientos
1	SLP ₁	1	OEP ₁	1	ATP ₁
2	SLP ₂	2	OEP ₂	2	ATP ₂
3	SLP ₃	3	OEP ₃	3	ATP ₃
4	SLP ₄	4	OEP ₄	4	ATP ₄
5	SLP ₅	5	OEP ₅	5	ATP ₅
6	SSP ₁	6	OJP ₁	6	AAP ₁
7	SSP ₂	7	OJP ₂	7	AAP ₂
8	SSP ₃	8	OJP ₃	8	AAP ₃
9	SSP ₄	9	OJP ₄	9	AAP ₄
10	SSP ₅	10	OJP ₅	10	AAP ₅
11	SGP ₁	11	ORP ₁	11	ACP ₁
12	SGP ₂	12	ORP ₂	12	ACP ₂
13	SGP ₃	13	ORP ₃	13	ACP ₃
14	SGP ₄	14	ORP ₄	14	ACP ₄
15	SGP ₅	15	ORP ₅	15	ACP ₅

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta LI. 2013

Diseño experimental:

- En la primera fase del análisis de los resultados se utilizó un diseño completamente al azar DCA combinado entre provincias con 45 tratamientos y dos repeticiones por tratamiento. Tabla III.

Tabla III. Esquema del análisis de varianza (ANOVA al 95% de confianza) combinado entre las provincias Sucumbíos, Orellana y Napo productoras de cacao nacional fino de aroma.

Fuente de variación		Grados de libertad
TOTAL	$(F \times t \times r) - 1$	89
Provincia	$(P - 1)$	2
Repeticiones	$(r - 1)$	1
Provincia x Repeticiones	$(P \times r)$	2
Error Experimental		84

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta LI. 2013

- En la segunda fase de análisis se utilizó un diseño completamente al azar DCA para cada provincia con 15 tratamientos y dos repeticiones por tratamiento. Tabla IV.

Tabla IV. Esquema del análisis de varianza (ANOVA al 95% de confianza) por provincia para la caracterización de cacao nacional fino de aroma

Fuente de variación		Grados de libertad
TOTAL	$(t \times r) - 1$	29
Cantones	$(3 - 1)$	2
Error experimental		27

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta LI. 2013

Análisis funcional

Para los tratamientos e interacciones significativas se aplicará la prueba de Tukey al 5% de confianza.

3.7. Manejo Específico del Experimento

Unidad Experimental

La unidad experimental estaba constituida por 1kg de cacao en baba, que fue cosechado directamente del campo de los productores en las provincias de Napo, Sucumbíos y Orellana, estas muestras fueron fermentadas durante cuatro días utilizando el método de microfermentación en cajones y posteriormente secadas al sol hasta obtener una humedad del 5%-7%. Las muestras fermentadas y secas se transportaron en fundas de papel al laboratorio de Nutrición y Calidad del INIAP (Quito) para los análisis respectivos.

Codificación y preparación de muestras en el laboratorio

Las muestras de almendras de cacao fermentadas y secas, se codificaron y registraron en el laboratorio LSAIA y posteriormente se almacenaron a -20 °C hasta la realización de los análisis. Las muestras fueron peladas manualmente y molidas utilizando un molino ultracentrifugo Restch ZM200 y tamizadas hasta obtener un tamaño de partícula de 1 mm.

3.8. Respuestas experimentales:

- Contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico /g de cacao desengrasado)
- Contenido de alcaloides (%)
- Contenido de grasa o extracto etéreo (%)

3.9. La operacionalización de variables

Variable Independiente: Zonas de producción de cacao nacional fino de aroma.

Tabla V. Operacionalización de la variable independiente

ABSTRACTO		CONCRETO		
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEM BASICO	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Zonas de producción: Son regiones geográficas de Ecuador en donde se cultiva y se produce Cacao Nacional Fino de Aroma. Las características del cacao dependen de los diferentes parámetros edafoclimáticos como: suelo, clima, humedad, temperatura por ello existen provincias adecuadas para su cultivo y producción.</p>	<p>Regiones geográficas</p> <p>Componentes químicos no volátiles del cacao</p>	<p>Sucumbíos Orellana Napo</p>	<p>¿La calidad del cacao fino de aroma difiere entre las diferentes zonas de producción de la Amazonía Ecuatoriana?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Muestreos - Metodologías de Análisis. - Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 176:2003: Cacao en grano – Requisitos.

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

Variable Dependiente

Contenido de polifenoles totales, alcaloides y grasa

ABSTRACTO		CONCRETO		
CONCEPTUALIZACIÓN	CATEGORIAS	INDICADORES	ITEM BASICO	TECNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Polifenoles: Son compuestos químicos polihidroxiados (poseen una parte hiroxilada) que tienen características funcionales y son los responsables del sabor amargo y astringente en los alimentos. Son indicadores de fermentación en el cacao.</p> <p>Alcaloides: Son compuestos químicos de base púrica que se encuentran presentes en el cacao. En estudios se han establecido que la relación teobromina/cafeína permite diferenciar al cacao por su origen.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nivel de fermentación del cacao. - Origen del cacao. - Indicador de calidad 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenido de polifenoles en muestras de cacao nacional con cuatro días de fermentación. - Contenido de alcaloides teobromina y cafeína, y su relación en muestras fermentadas de cacao nacional. - Contenido 	<p>¿El contenido de polifenoles es un parámetro para determinar el nivel de fermentación cacao?</p> <p>¿El contenido de alcaloides y su relación permitirán diferenciar al cacao por su origen?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Determinación de polifenoles totales en polvo de cacao por espectrofotometría UV-VIS. - Determinación de alcaloides en polvo de cacao por cromatografía líquida de alta eficiencia.

<p>Grasa: Es la cantidad de materia grasa contenida en una muestra conocida de cacao mediante diferentes métodos de extracción, como indicador de la calidad del cacao. Puesto que permite conocer el rendimiento en chocolate a partir de la materia prima.</p>	<p>para comercialización de cacao.</p>	<p>de grasa en muestras fermentadas de cacao nacional.</p>	<p>¿El contenido de grasa permite conocer el rendimiento en chocolate de la materia prima?</p>	<p>- Determinación de grasa en polvo de cacao por extracción Soxhlet</p>
---	--	--	--	--

Tabla VI. Operacionalización de la variable dependiente

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

3.10. La recolección de datos

Las muestras fermentadas y secas se analizaron en el laboratorio utilizando las metodologías vigentes en el manual de métodos de análisis de cacao del laboratorio LSAIA del INIAP. Anexo III, IV, V y VI. Posteriormente se procedió a tabular los resultados y realizar los análisis estadísticos.

3.11. Plan de procesamiento de la información

El procesamiento y análisis estadístico de datos se realizó utilizando los paquetes informáticos: Excel 2010 y STATISTICA 10.0.

CAPITULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Porcentaje de Grasa

En la investigación se analizaron un total de 90 muestras por duplicado pertenecientes a las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo, los resultados promedio se presentan en la tabla VII.

Tabla VII. Contenido de grasa (%) promedio en almendras de cacao nacional fermentadas (4 días) y secas provenientes de las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo.

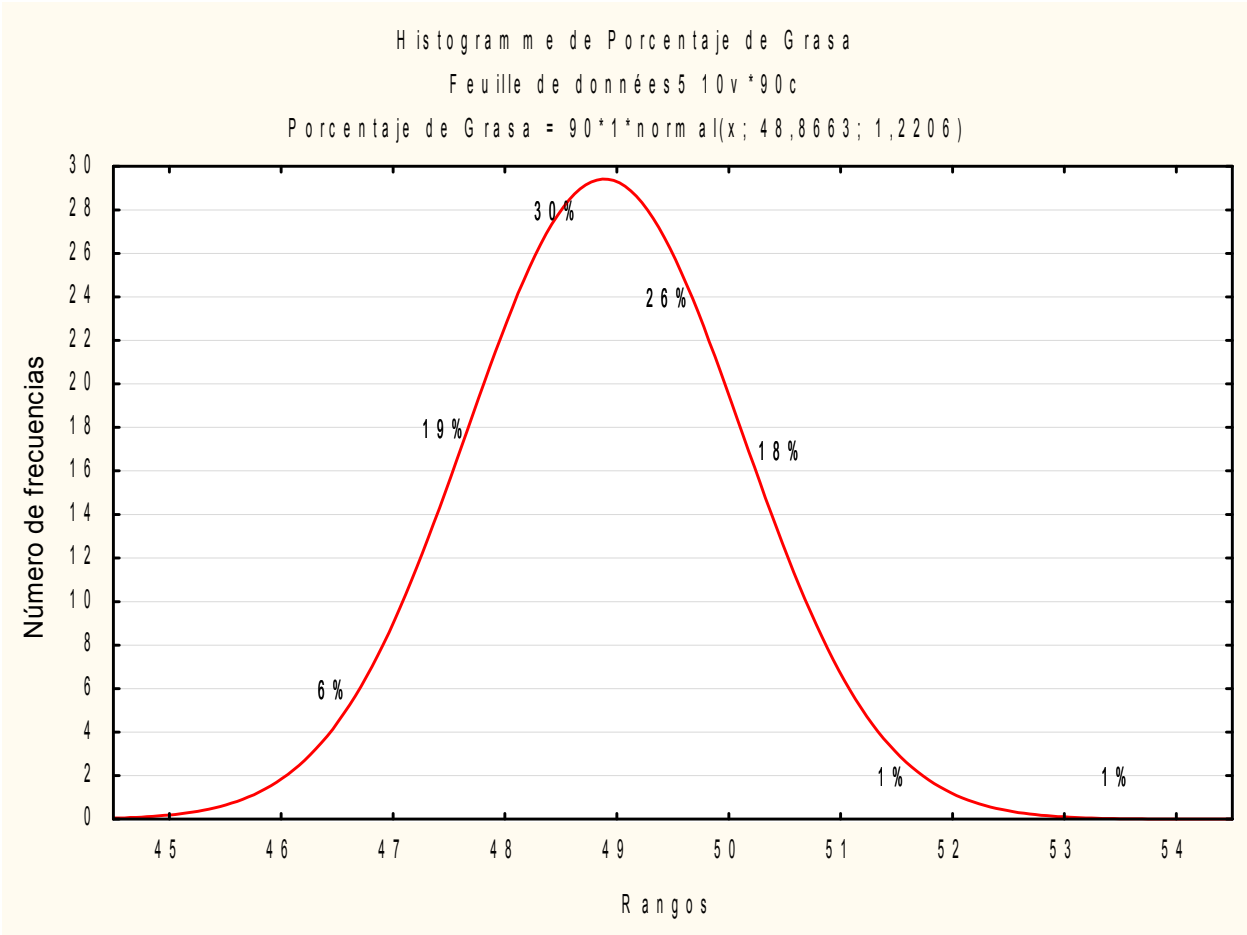
Provincias	Cantones	Grasa* (%)	Desviación estándar
Orellana	El Coca	49,09	±1,94
	Joya de los Sachas	49,66	±0,41
	Loreto	48,92	±1,17
Sucumbíos	Lago Agrio	48,21	±0,55
	Shushufindi	48,72	±0,68
	Francisco Pizarro	47,97	±1,30
Napo	Archidona	48,93	±0,82
	Carlos Julio A. Tola	48,70	±1,04
	Tena	49,59	±1,53

* Contenido de grasa promedio de muestras de cacao provenientes de 5 fincas por cantón.
Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

El contenido de grasa en las muestras de cacao nacional de las tres provincias amazónicas en estudio varía en un rango de 47% a 50 %. Estos resultados concuerdan con los estudios realizados por Enríquez (2003), donde se indica que el contenido de grasa en almendras de cacao nacional fino de aroma varía entre 48% a 50%, este parámetro es de suma importancia en la comercialización del cacao pues el rendimiento en producción de chocolate se estima en función del contenido de grasa de las almendras.

En el gráfico III, se presenta el histograma de frecuencia para el contenido de grasa en muestras de cacao nacional fermentadas y secas de las tres provincias Amazónicas.

Gráfico III. Histograma de frecuencia para el contenido de grasa (%) en muestras de cacao nacional fermentadas y secas de las tres provincias en estudio.



Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

Observando el gráfico III, se estableció que los resultados del contenido de grasa en cacao nacional de las tres provincias amazónicas presentan una distribución normal, en donde el 92% del total de resultados varía entre el 47% al 51 % de grasa y se observó que el 6% de los datos presenta un porcentaje de grasa menor (entre 46% a 47%), de igual manera el 2% de los datos analizados presentaron un contenido de grasa superior (entre 51% a 54%). Estos resultados confirman que la mayor parte de las muestras de cacao nacional de las tres provincias en estudio

(92%) presentan un contenido de grasa que varía entre el 47% y 51% por lo cual se les puede considerar como cacaos de variedad finos en función de los estudios presentados anteriormente para el contenido de grasa por Enríquez (2003).

De igual manera con la finalidad de evaluar el efecto del origen del cacao sobre el contenido de grasa se realizó un análisis de varianza ANOVA al 95% de confianza, los resultados se presentan en la tabla VIII.

Tabla VIII. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de grasa (%) en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.

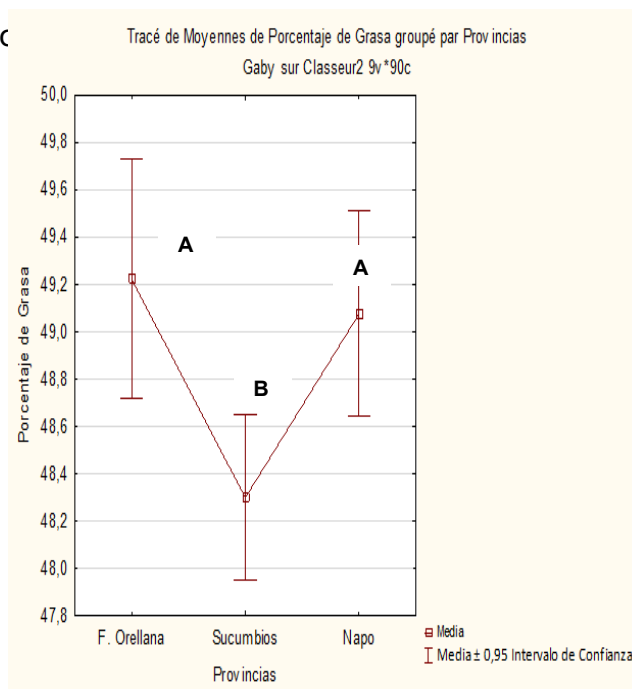
Efectos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	Valor F	Valor p
Provincias	2	14,8	7,4	5,3	0,006929
Repeticiones	1	0,1	0,1	0,1	0,805702
Repeticiones*Provincias	2	0,2	0,1	0,1	0,938827
Error	84	117,6	1,4		

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

Con base a los resultados del análisis de varianza para el contenido de grasa en las muestras de cacao nacional de la Amazonía se estableció que existen diferencias estadísticas significativas ($Pr < 0,05$) para el factor provincias con un nivel de confianza 95%, por lo cual se estableció que existe un efecto del ambiente sobre el contenido de grasa de las almendras de cacao. En la tabla IX, se presenta los resultados del análisis de comparación de medias mediante una prueba de Tukey al 95% de confianza.

95%) para el contenido de grasa (%) en muestras de cacao.
 Elaborado por: **Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.**

le Napo, Ore



El análisis de comparación de medias mediante la prueba del Tukey al 95% de confianza muestra que el contenido de grasa en las muestras de cacao de las provincias de Napo y Orellana no presenta diferencias estadísticas significativas. El contenido de grasa de las muestras de cacao provenientes de la provincia de Sucumbios es menor que los promedios obtenidos en las provincias de Napo y Orellana por lo cual se evidencio que existe diferencias estadísticas significativas al nivel del 95% de confianza, con relación a estas dos provincias.

Posteriormente con la finalidad de evaluar el efecto de la localidad se realizó un análisis de varianza (ANOVA 95% de confianza) por provincia, los resultados se presentan en la tabla X.

Tabla X. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de grasa (%) en la provincia de Orellana.

Efectos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F	Valor p
Cantones	2	3,04	1,52	0,82	0,452083
Error	27	50,19	1,86		

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

Los resultados del análisis de varianza para el contenido de grasa en las muestras de cacao nacional fermentadas y secas de la provincia de Orellana demostraron que no existe diferencia estadística significativa para el factor cantón, estableciéndose que dentro de una misma provincia no existe efecto de la localidad a un nivel de confianza del 95%.

Tabla XI. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de grasa (%) en la provincia de Sucumbíos.

Efectos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F	Valor p
Cantones	2	2,93	1,47	1,77	0,190319
Error	27	22,42	0,83		

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

De igual manera en las provincias de Sucumbíos y Napo el análisis de varianza (ANOVA 95% de confianza) para cada provincia demostró que no existe diferencia estadística significativa ($Pr < 0,05$) en los promedios del contenido de grasa por efectos de la localidad. Tabla XI y XII

Tabla XII. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de grasa (%) para la provincia de Napo.

Efectos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F	Valor p
Cantones	2	4,31	2,15	1,66	0,208048
Error	27	34,93	1,29		

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

4.2. Polifenoles totales

En la investigación se analizaron un total de 90 muestras fermentadas (4 días) y secadas al sol (6% - 7% humedad) por duplicado, pertenecientes a las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo, los resultados promedio se presentan en la tabla XIII.

Tabla XIII. Contenido promedio de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) en almendras de cacao nacional fermentadas (4 días) y secas provenientes de las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo.

Provincias	Cantones	Polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado)	Desviación estándar
Orellana	El Coca	49,39	± 4,91
	Joya de los Sachas	50,39	± 2,21
	Loreto	43,57	± 5,09
Sucumbíos	Lago Agrio	52,86	± 13,12
	Shushufindi	42,75	± 8,63
	Francisco Pizarro	63,11	± 8,66
Napo	Archidona	70,91	± 15,02
	Carlos Julio A. Tola	71,66	± 3,85
	Tena	48,50	± 6,13

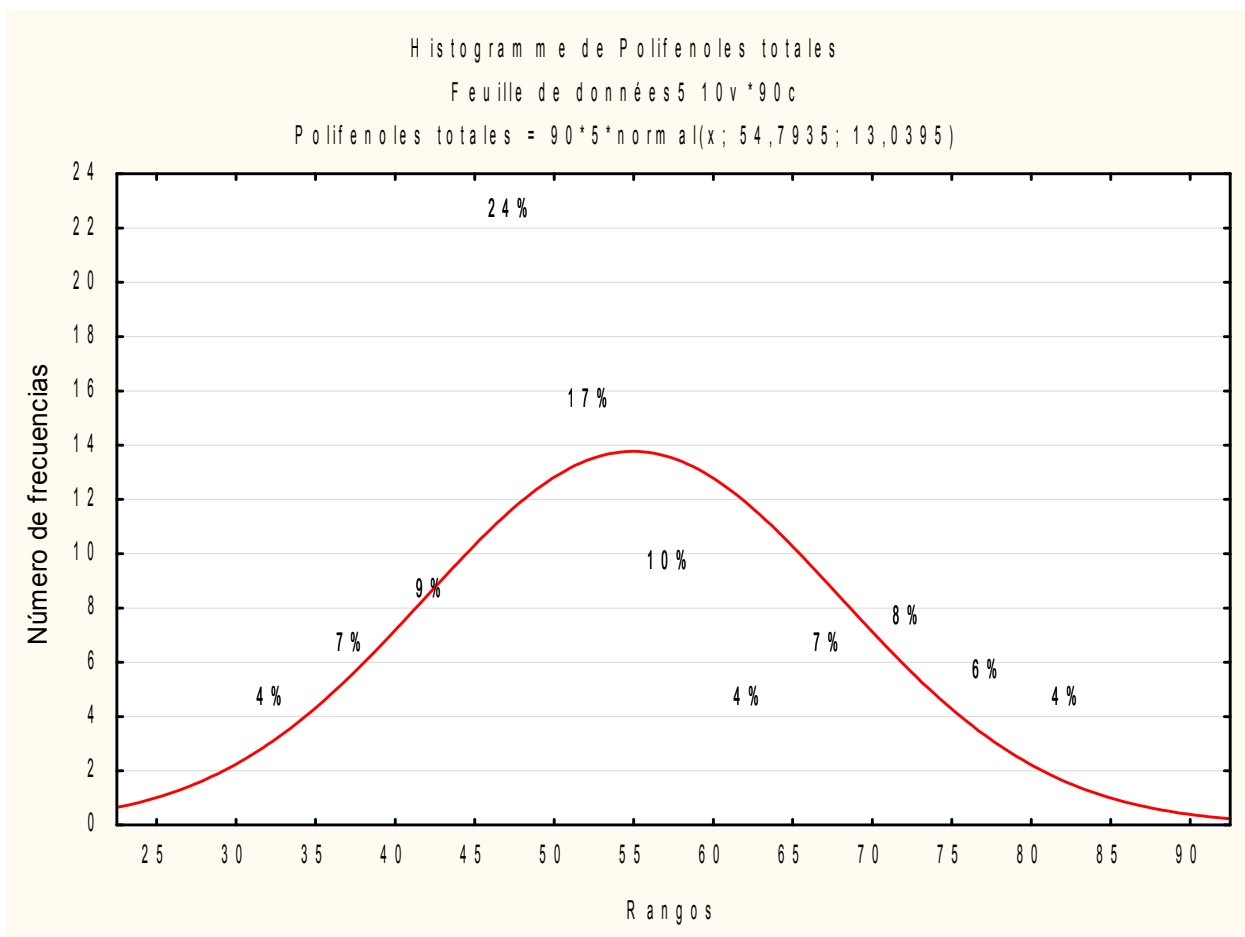
* Contenido de polifenoles totales promedio en muestras de cacao provenientes de 5 fincas por cantón.

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

El contenido de polifenoles totales en las muestras de cacao nacional de las tres provincias Amazónicas en estudio varía en un rango de 40 mg ácido gálico/g de cacao desengrasado a 70 mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado. Estos resultados concuerdan con los estudios realizados en el proyecto ICCO/CFC/INIAP (2007) en el que se indica que el contenido de polifenoles totales en 6 clones de cacao nacional secos y fermentados de 3 a 4 días se encuentra entre 40 mg ácido gálico/g de cacao desengrasado a 57 mg ácido gálico/g de cacao desengrasado. De igual manera estos resultados confirman los estudios realizados por Lange y Fincke, (1970) donde se indica que el contenido de polifenoles en muestras de cacao forastero y criollo varía entre 30 mg ácido gálico/g de cacao desengrasado a 50 mg ácido gálico/g de cacao desengrasado.

En el gráfico V se presenta el histograma de frecuencia para el contenido de polifenoles en las 90 muestras de cacao fermentado y seco de las tres provincias en estudio.

Gráfico V. Histograma de frecuencia para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) en muestras de cacao nacional fermentadas y secas de las tres provincias en estudio.



Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

Observando el gráfico V, se estableció que los resultados del contenido de polifenoles totales en muestras de cacao nacional de las tres provincias amazónicas presentan una distribución normal, en donde el 60% del total de resultados varía entre 40 mg ácido gálico/g de cacao desengrasado a 60 mg de ácido gálico/g de muestra desengrasada y se observó que el 11% de los datos presenta un contenido de polifenoles totales menor (entre 30 mg de ácido gálico/g de muestra desengrasada a 40 mg de ácido gálico/g de muestra desengrasada), de igual manera el 29% de los datos analizados presentaron un contenido de polifenoles totales superior (entre 60 mg de ácido gálico/g de muestra

desengrasada a 85 mg de ácido gálico/g de muestra desengrasada). Estos resultados confirman que la mayor parte de las muestras de cacao nacional de las tres provincias en estudio (60%) presentan un contenido de polifenoles totales que varía entre 40 mg ácido gálico/g de cacao desengrasado a 60 mg de ácido gálico/gramo de cacao desengrasado.

De igual manera observando los resultados del histograma de frecuencias se establece que la fermentación realizada no fue uniforme pues existe una amplia distribución del contenido de estos compuestos desde muestras con 30 mg ácido gálico/g de cacao desengrasada a 85 mg ácido gálico/g de cacao desengrasada, estos resultados confirman estudios realizados anteriormente por Kim y Keeney (1984) en donde se indica que la fermentación es un proceso que se lleva en todo el mundo pero está lejos de ser un proceso estandarizado lo que influye directamente sobre la calidad final del grano.

El contenido de polifenoles totales es un indicador de la fermentación del cacao pues durante este proceso los polifenoles disminuyen su concentración por efectos de pérdidas por difusión en los lixiviados de la fermentación y por reacciones de condensación oxidativa formando polímeros de alto peso molecular tipo melaninas, las mismas que le confieren el color marrón típico del chocolate, por esta razón si las almendras no están bien fermentadas presentan un color violeta lo que afecta directamente en la calidad sensorial y la comercialización del grano Lange y Fincke (1970); Pettipher (1986); Shahidi y Nazck (1995).

De igual manera con la finalidad de evaluar el efecto del origen del cacao sobre el contenido de polifenoles totales se realizó un análisis de varianza ANOVA al 95% de confianza, los resultados se presentan en la tabla XIV.

Tabla XIV. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de polifenoles totales (mg ác. gálico/g cacao desengrasado) en las provincias de Sucumbíos, Orellana y Napo.

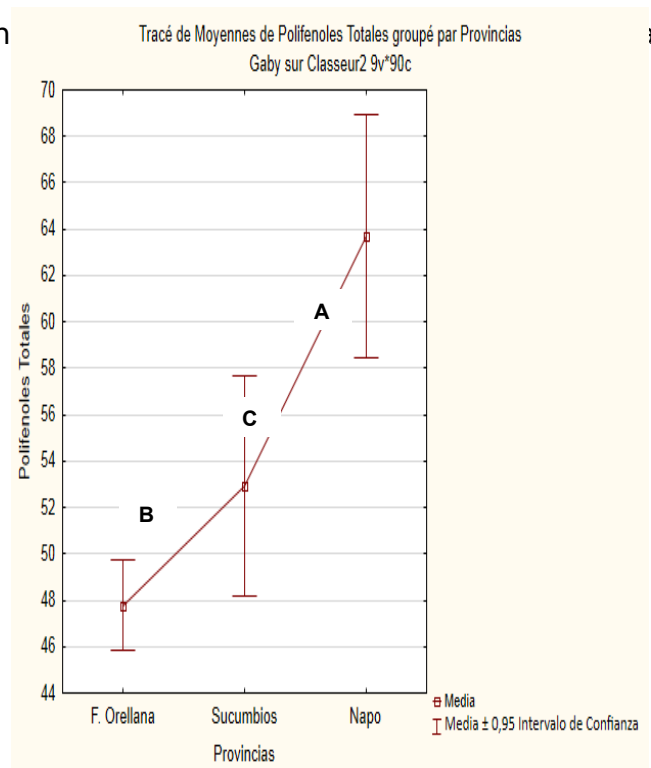
Efectos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F	Valor p
Provincias	2	3954,9	1977,5	14,876	0,000003
Repeticiones	1	3,6	3,6	0,027	0,870094
Repeticiones*Provincias	2	7,7	3,9	0,029	0,971416
Error	84	1166,4	132,9		

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

Con base a los resultados del análisis de varianza para el contenido de polifenoles totales en las muestras de cacao nacional de la Amazonía se estableció que existen diferencias estadísticas significativas ($Pr < 0,05$) para el factor provincias con un nivel de confianza 95%, por lo cual se estableció que existe un efecto del ambiente sobre el contenido de polifenoles totales y un efecto de homogeneidad del proceso de fermentación de las almendras de cacao. En la tabla XV, se presenta los resultados del análisis de comparación de medias mediante una prueba de Tukey al 95% de confianza.

e polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desen

Elaborado por: **Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.**



is y seca

El análisis de comparación de medias mediante la prueba del Tukey al 95% de confianza muestra que el contenido de polifenoles totales en las muestras de cacao de las provincias de Orellana, Sucumbíos y Napo presentan diferencias estadísticas significativas.

Posteriormente con la finalidad de evaluar el efecto de la localidad sobre el contenido de polifenoles se realizó un análisis de varianza (ANOVA 95% de confianza) por provincia, los resultados se presentan en la tabla XVI.

Tabla XVI. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) para la provincia de Orellana.

Efectos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F	Valor p
Cantones	2	271,09	135,55	7,153	0,003215
Error	27	511,62	18,95		

Elaborado por: Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.

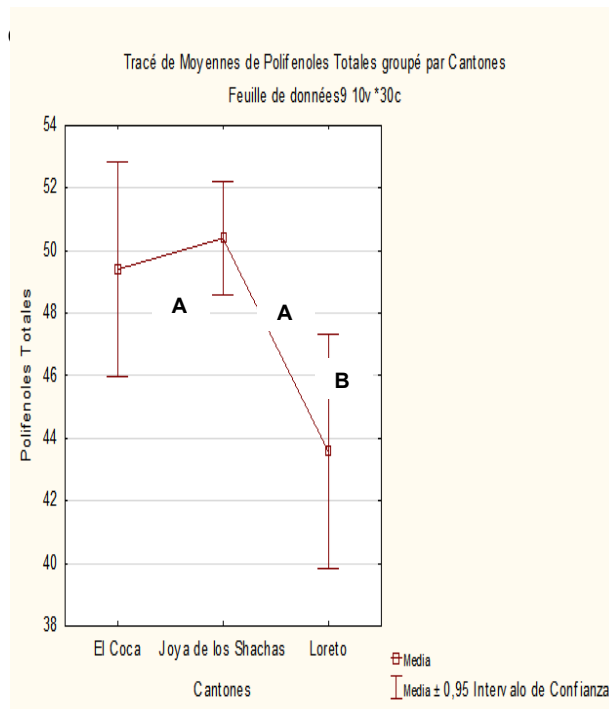
Los resultados del análisis de varianza para el contenido de polifenoles totales en las muestras de cacao nacional fermentadas y secas de la provincia de Orellana demostraron que existe diferencia estadística significativa para el factor cantón.

En la tabla XVII, se presenta los resultados del análisis de comparación de medias del contenido de polifenoles totales mediante una prueba de Tukey al 95% de confianza en la provincia de Orellana.

contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado)

Elaborado por: **Gabriela Yanzapanta, LI. 2013.**

ao fermentado



De igual manera se realizó un análisis de varianza para el contenido de polifenoles totales para la provincia de Sucumbíos con la finalidad de evaluar el efecto de la localidad dentro de una misma provincia, los resultados se presentan en la tabla XVIII.

Tabla XVIII. Análisis de varianza (95% de confianza) para el contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g de cacao desengrasado) para la provincia de Sucumbíos.

Efectos	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medios	Valor F	Valor p
Cantones	2	2072,09	1036,05	10,7609	0,000366
Error					

27

2599,53

96,28

