



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN HORTICULTURA Y FRUTICULTURA

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO MECÁNICO Y MANUAL
DEL DESCASCARAMIENTO DE MAZORCAS DE CACAO**

TESIS DE GRADO

Previo a la Obtención del Título de:
INGENIERO EN HORTICULTURA Y FRUTICULTURA

Autor:

David Samuel Cedeño Reyes

Director de Tesis:

Econ. Flavio Ramos Martínez M. Sc.

Quevedo – Ecuador

2016

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

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

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

Atentamente;

David Samuel Cedeño Reyes
Autor

CERTIFICACIÓN DE DIRECTOR DE TESIS

El suscrito **Econ. Flavio Raúl Ramos Martínez** en calidad de Director de Tesis

CERTIFICA:

Que la Tesis Titulada “**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO MECÁNICO Y MANUAL DEL DESCASCARAMIENTO DE MAZORCAS DE CACAO**”, perteneciente al egresado de la Carrera en Horticultura y Fruticultura **DAVID SAMUEL CEDEÑO REYES**, ha sido revisada y cumple con los requisitos reglamentarios autorizándolo para que continúe con el trámite pertinente.

Atentamente;

Econ. Flavio Ramos Martínez
Director de Tesis



UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN HORTICULTURA Y FRUTICULTURA

TEMA

“ANÁLISIS COMPARATIVO DEL PROCESO MECÁNICO Y MANUAL DEL
DESCASCARAMIENTO DE MAZORCAS DE CACAO”

AUTOR:

DAVID SAMUEL CEDEÑO REYES

Presentada al Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Agrarias como
requisito previo para la obtención del título de:

INGENIERO EN HORTICULTURA Y FRUTICULTURA

TRIBUNAL DE TESIS

Ing. César Bermeo Toledo
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Cesar Varas Maenza
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Luis Llerena Ramos
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE TESIS

Quevedo – Los Ríos – Ecuador

2016

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar a cada uno de los que son parte de mi familia, en especial a mi madre la Sra. Luzmila Reyes y a mi padre el Sr. Ramón Cedeño.

A mi esposa e hija; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A la empresa Riter S.A, quien con su ayuda desinteresada, me brindó información relevante, próxima, pero muy cercana a la realidad de nuestras necesidades.

A mi director de tesis Econ. Flavio Ramos Martínez por sus consejos y sugerencias para la presente investigación

A todos los docentes que conforman la UTEQ por los conocimientos impartidos y por sus consejos todo este tiempo de sugerencia.

David Cedeño

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por brindarme la oportunidad de llegar a esta instancia de mi vida llena de éxitos.

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que, de alguna forma, son parte de su culminación.

A mi madre la Sra. Luzmila Reyes y a mi padre el Sr. Ramón Cedeño.

A mi esposa y mi hija.

A mi familia por siempre brindarnos su apoyo, tanto sentimental, como económico.

David Cedeño

ÍNDICE GENERAL

Portada.....	i
Declaración de Autoría y Cesión de Derechos.....	ii
Certificación de Director de Tesis.....	iii
Certificación del Tribunal de Tesis	iv
Agradecimiento	v
Dedicatoria	vi
Índice General	vii
Índice de Cuadros	x
Índice de Anexos.....	xi
Resumen.....	xii
Summary.....	xiii
CAPÍTULO I MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....	1
1.1 Introducción.....	2
1.2 Problematización.....	3
1.3 Justificación.....	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 Hipótesis.....	5
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 Fundamentación Teórica.....	7
2.1.1 Generalidades del Cultivo de Cacao	7
2.1.2 Origen del Cultivo de Cacao.....	8
2.1.3 Descripción Botánica.....	9

2.1.3.1 Sistema Radicular.....	9
2.1.3.2 Tallo.....	9
2.1.3.3 Hojas	9
2.1.3.4 Flores.....	10
2.1.3.5 Fruto	11
2.1.3.6 Semilla.....	12
2.1.4 Requerimiento Edafoclimáticos	12
2.1.4.1 Suelo	12
2.1.4.3 Precipitación	13
2.1.4.5 Temperatura	13
2.1.4.6 Humedad Relativa	14
2.1.4.7 Vientos.....	14
2.1.4.8 Drenaje y Aireación	14
2.1.5 Grupos Genéticos de Cacao	15
2.1.5.1 Cacao Forastero.....	15
2.1.5.2 Cacao Criollo	16
2.1.5.3 Cacao Trinitario	16
2.1.6 Uso del Cacao y sus Derivados	17
2.1.7 Cosecha	18
2.1.8 Quiebra de la Mazorca	20
2.1.9 Descascaramiento Mecánico de Mazorcas de Cacao.....	22
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	25
3.1.1 Localización.....	26
3.1.2 Tipo de Investigación.....	26
3.1.3 Tratamientos en Estudio.....	26

3.1.4	Diseño Experimental y Análisis Estadístico.....	26
3.1.5	Manejo del Experimento.....	27
3.1.6	Datos Registrados y Formas de Evaluación.....	28
3.1.6.1	Porcentaje de Granos Enteros	28
3.1.6.2	Porcentaje de Granos Dañados	28
3.1.6.3	Rendimiento Comparativo de los Métodos.....	28
3.1.6.4	Eficiencia en la Extracción de Almendras.....	28
	CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1	Resultados	30
4.1.1	Porcentaje de Granos Enteros	30
4.1.2	Porcentaje de Granos Dañados	31
4.1.3	Rendimiento Comparativo de los Métodos.....	32
4.1.4	Eficiencia en la Extracción de Almendras.....	33
4.1.5	Análisis Económico	34
4.2	Discusión.....	35
	CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
5.1	Conclusiones.....	39
5.2	Recomendaciones.....	40
	CAPÍTULO VI BIBLIOGRAFÍA	41
6.1	Literatura Citada.....	42
	CAPÍTULO VII ANEXOS	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Esquema del análisis de varianza	27
Cuadro 2	Porcentaje de granos enteros por kilogramo en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.....	30
Cuadro 3	Porcentaje de granos dañados por kilogramo en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.	31
Cuadro 4	Número kilogramos de almendra extraídos en una hora en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.	32
Cuadro 5	Tiempo de extracción por quintal en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.....	33
Cuadro 6	Análisis económico del rendimiento (qq/día) en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.....	34

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1	Análisis de varianza de porcentaje de granos sanos	47
Anexo 2	Análisis de varianza de porcentaje de granos dañados	47
Anexo 3	Análisis de varianza de número de kg/h.....	47
Anexo 4	Análisis de varianza de tiempo de extracción por quintal.....	48
Anexo 5	Construcción de la descascaradora	48
Anexo 6	Colocación de mazorcas en la descascaradora.....	49
Anexo 7	Granos en baba obtenidos mediante el método mecánico	49
Anexo 8	Proceso de descascaramiento mecánico.....	50
Anexo 9	Separación de la cáscara y almendras de cacao	50

Resumen

El cultivo de cacao es uno de los rubros de mayor importancia para el país, sin embargo cada vez se hace más importante la búsqueda de tecnología que permitan agilizar los procesos por los que pasa el grano para su comercialización como es el caso de la etapa de quiebra de mazorcas o descascara la cual generalmente se la hace manualmente y demanda bastante mano de obra, sin embargo el método mecánico representa una opción para hacer esta labor en menor tiempo y a la vez ser más productivo. Considerando lo anterior, se llevó a cabo la presente investigación a fin de determinar el grado de eficiencia en el proceso de descascaramiento (manual y mecánico) de mazorcas de cacao como un índice de valoración de la productividad en postcosecha, para ellos se delimitó como objetivo específicos: determinar el índice de productividad de descascaramiento, establecer el proceso que presente menor daño porcentual al descascarar las mazorcas de cacao, realizar el análisis económico de los procesos de extracción por quintal obtenido. El ensayo se llevó a cabo Santo Domingo de los Tsáchilas, se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos en 10 repeticiones, todas las variables se sometieron al análisis de varianza y la diferencia estadística entre los tratamientos se determinó mediante la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad. El método manual presento menor porcentaje de granos dañados con 2.5 % frente a los 5.3 % obtenidos mediante el método mecánico, mientras que con método mecánico se obtuvo mayor cantidad de Kg/h con 572.7 y por ende un quintal se obtuvo en menor tiempo que con el método convencional con 4.8 minutos. Además con el método mecánico se obtuvo un beneficio neto de \$ 1458.26 frente a los \$ 47.00 del método convencional. Por lo tanto el método más productivo y a la vez eficaz fue el método mecánico ya que permite mayor cantidad de grano extraído por día y a la vez el ritmo de trabajo es constante, lo cual compensa el porcentaje de granos que pueda dañar en el proceso.

Summary

Cocoa farming is one of the areas of greatest importance for the country, however it is becoming more important to search technology that enable expedite the processes by passing the grain to market such as stage bankruptcy cobs or husks which are generally manually and demand makes enough manpower, but the mechanical method is an option to make this work in less time and still be productive. Considering the above, it conducted this investigation in order to determine the degree of efficiency in the process of scaling (manual and mechanical) of cocoa pods as an index for evaluating productivity in postharvest for them delimited target Specific: determine the productivity index descasacarmiento to determine the process that this lower percentage shell damage cocoa pods, perform an economic analysis of the processes of extraction obtained quintal. The test was carried out Santo Domingo de los Tsáchilas, used a completely randomized design with two treatments in 10 replications, all variables variance analysis and the statistical difference between treatments underwent determined by Duncan test at 95% chance. The manual method presented lower percentage of damaged kernels to 2.5% from 5.3% obtained by the mechanical method, whereas with mechanical means as much Kg / h was obtained with 572.7 and therefore a quintal was obtained in less time than with the conventional method with 4.8 minutes. Besides the mechanical method with a net profit of \$ 1,458.26 compared to \$ 47.00 the conventional method was obtained. Therefore the most productive method and it was effective as the mechanical method allows more grain extracted once daily and the work rate is constant, which compensates the percentage of grains which could damage in the process.

CAPÍTULO I:

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Introducción

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es uno de los principales cultivos perennes de uso agroindustrial que se encuentra en la mayoría de países del trópico húmedo. Este cultivo reviste gran importancia dentro de la economía del Ecuador (principalmente en la región Litoral) como producto de exportación, generador de divisas para el país, fuente de empleo para el sector rural y urbano y conservador del ecosistema. Desde 1830, el Ecuador exporta cacao a base de la variedad Nacional fino de aroma.

Actualmente la superficie de cacao que se cultiva en el país, es de aproximadamente 362.120 Ha, con una producción anual de 95.000 Ton y un rendimiento de 0.27 Ton/Ha, lo que significa 5.4 qq/Ha al año.

Este cultivo ha llegado a ubicarse en el tercer lugar en cuanto a exportaciones agrícolas se refiere, encontrándose únicamente por debajo del banano y las flores. Además ha generado empleos tanto en su fase de producción así como en la comercialización e industrialización, llegando a representar el 5% de ocupación de la población económicamente activa del país.

Existen diferentes métodos para la extracción de almendras, sin embargo en este proceso se producen diferentes eventos que pueden causar pérdidas de granos, y en muchos casos cuando se lo hace manualmente puede representar accidentes potenciales para las personas que lo llevan a cabo. A medida que la tecnología avanza se han desarrollado diferentes alternativas, como es el caso de la extracción mecánica de almendras la cual permite la obtención de mayores cantidades de granos en menor tiempo, sin embargo antes de recomendarla a gran escala es necesario identificar el grado de productividad, así como el daño que puede causar en los granos extraídos.

1.2 Problematización

El manejo de cosecha y postcosecha es uno de los factores determinantes en el rendimiento de una huerta cacaotera. Una vez que se recolecta las mazorcas en el campo se debe proceder extraer las almendras de cacao. En el proceso de la extracción de almendras se obtienen subproductos como cascaras, placentas, líquidos de las almendras maduras que quedan cuando se extraen los granos.

La cosecha de los granos de cacao se lo hace generalmente en forma manual, lo cual repercute principalmente en el gasto que representa en la utilización de la mano de obra ya que deben realizar la labor de recolección de mazorcas y extracción de almendras. Además, otro aspecto a tomar en cuenta, es el riesgo que corren los trabajadores en este proceso, ya que al utilizar machetes bien afilados para poder cortar fácilmente la corteza de las mazorcas, al tener un descuido pueden cortarse las manos, disminuyendo de este modo la efectividad del método de extracción.

Existen maquinas que ayudan a la extracción como lo son las denominadas despulpadoras en las cuales se meten las mazorcas enteras y se obtiene el grano de una maneras más rápida y eficiente, cuidando la integridad de los trabajadores. Sin embargo, este método lo se lo utiliza principalmente por la falta de conocimiento por parte de los productores, sumándose a esto la falta de iniciativa por parte de técnicos a incentivar y transferir esta tecnología que obviamente demanda una inversión inicial, pero es sustentable a través del tiempo. Con base a lo anterior se hace indispensable comparar los dos métodos para de esta maneras identificar los pro y contras de cada método y de esta manera generar información básica que ayude en la toma de decisiones para aplicar el método mecánico para extraer almendras de cacao.

1.3 Justificación

De todas las modernas tecnologías agrícolas introducidas en los países en desarrollo, probablemente la mecanización sea la más polémica ya que se le ha atribuido la agudización del desempleo rural y su contribución a otros males sociales.

La presente investigación pretende contribuir al desarrollo agronómico del sector cacaotero a través de la utilización de herramientas óptimas para el descascamiento de la mazorca del cacao, permitiendo facilidad en la labor de cosecha reduciendo la mano de obra utilizada, disminuyendo el proceso de extracción, aprovechando los residuos de la cosecha, sólidos para elaboración abonos orgánicos ya que la cascara contiene nutrientes para muchos cultivos, además se obtiene pectinas neutras para uso industrial y los líquidos para elaboración de licores, bebidas, etc.

Con el fin de aportar el desarrollo cacaotero de la región y del país, ya hay en el mercado descascaradora de cacao, y herramientas que permiten un trabajo más tecnificado en obtener granos en menor tiempo; alcanzando beneficios económicos, principalmente a los cacaoteros que disminuyen costos en mano de obra.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar el grado de eficiencia en el proceso de descascaramiento (manual y mecánico) de mazorcas de cacao como un índice de valoración de la productividad en postcosecha.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el índice de productividad de descasacarmiento.
- Establecer el proceso que presente menor daño porcentual al descascarar las mazorcas de cacao.
- Realizar el análisis económico de los procesos de extracción por quintal obtenido

1.5 Hipótesis

H₀: La eficiencia y calidad de las almendras de cacao son similares con ambos procesos (manual y mecánico).

H₁: La extracción de almendras de cacao presentan mayor eficiencia, con el proceso mecánico de extracción.

CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1 Fundamentación Teórica

2.1.1 Generalidades del Cultivo de Cacao

El cacao es un cultivo comercial cultivado en todo los trópicos húmedos, con alrededor de 6,5 millones hectáreas sembradas con el cultivo en el 57 países. En total, más de 20 millones de personas dependen directamente de cacao para su sustento. El consumo es claramente en alza, con un mayor consumo de productos de chocolate y la aparición de nuevos mercados en Europa del Este y Asia. Las previsiones esperan un déficit de producción en los próximos años (FAO, 2001).

Actualmente el cacao es mayormente conocido en la industria chocolatera como su principal materia prima, de tal manera que esta ocupa aproximadamente el 90% de la producción mundial de este cultivo. Esta planta se cultiva principalmente en pequeñas propiedades familiares y en explotaciones agrícolas de subsistencia existentes en los trópicos (UNCTAD/OMC, 2001).

Los países y regiones que gozan de las condiciones climáticas y medioambientales óptimas para el cultivo del cacao pueden generar considerables ingresos mediante su exportación y beneficiar con ello a sus comunidades rurales y su economía nacional. Sin embargo, una dependencia excesiva del cacao como fuente de ingresos de exportación a veces puede crear una economía regional o nacional demasiado vulnerable a los riesgos inherentes a la producción de cacao (UNCTAD/OMC, 2001).

El cacao se produce en los países en un cinturón entre 10°N y 10°S del ecuador, donde el clima es apropiado para los árboles de cacao en crecimiento. Los principales países productores son Costa de Marfil, Ghana e Indonesia. El hábitat natural del árbol de cacao se encuentra en el piso inferior de la selva tropical de hoja perenne, y los factores climáticos, especialmente la temperatura y las precipitaciones, son importantes para fomentar el crecimiento óptimo (ICCO, 2013).

En el siglo 18 el botánico sueco Carolus Linnaeus, cambió el nombre del árbol de cacao que le da el nombre griego *Theobroma Cacao*, ahora su nombre botánico oficial, que literalmente significa "alimento de los dioses" (Cadbury, 2012).

2.1.2 Origen del Cultivo de Cacao

El género *Theobroma* se originó hace millones de años en América del Sur, al este de los Andes. *Theobroma* se ha dividido en veintidós especies de que *T. cacao* es la más conocida. Fue la cultura maya que proporcionó evidencia tangible de cacao como cultivo domesticado. La evidencia arqueológica en Costa Rica indica que el cacao era bebido por los comerciantes mayas ya en el año 400 aC. La cultura azteca, dominante en Mesoamérica desde el siglo XIV hasta la conquista, puso mucho énfasis en la santidad de cacao (ICCO, 2013).

En sus formas más tempranas, los mayas utilizaban el cacao para crear una bebida ritual que fue compartida durante las ceremonias de compromiso y el matrimonio, proporcionando uno de los eslabones primera conocidas entre el chocolate y el romance (World Cocoa Foundation, 2015).

Eigenberger (2012), atribuye el origen del cacao a la cuenca del Amazonas, entre los países de Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, ya que es allí donde se han observado una diversidad de especies.

García (2008), expresa que el cacao es originario de América del Sur, específicamente en la región comprendida entre las cuencas de los ríos Putumayo, Napo y Caquetá, los cuales desembocan en el Amazonas. Entretanto Soria (1970) añade que en esta zona se han encontrado una variedad de tipos de frutos similares a la variedad "Criollo", llamados criollos de montaña entre los que se encuentra la variedad "Nacional" ecuatoriana, "angoletas" los cuales guardan similitud con los clones Parinaris y otras variaciones del tipo de amelonados.

2.1.3 Descripción Botánica

2.1.3.1 Sistema Radicular

El cacao posee una raíz pivotante que puede alcanzar entre 1.5 a 2.0 metros de profundidad, la cual a su vez presenta seis series de raíces secundarias laterales cuyo desarrollo es horizontal en los primeros 20 a 25 centímetros de suelo desde el cuello de la raíz (INTA, 2009). García (2008) afirma que las raíces laterales pueden llegar a medir entre cinco a seis metros de longitud.

2.1.3.2 Tallo

Aquellas plantas que son producto de una reproducción por semillas desarrollan un tallo principal de crecimiento vertical (ortotrópico), cuya altura puede llegar a variar entre uno a dos metros cuando tiene una edad de un año a año y medio. Posteriormente el crecimiento de la yema apical queda detenido, y empiezan emerger del tallo principal, tres a cinco ramas laterales (denominadas horqueta o verticilio) (Estrada, Romero, & Moreno, 2011). García (2008), añade que las ramas secundarias que conforman la horqueta presentan un crecimiento horizontal o plagiotrópico y es debajo de ésta que frecuentemente se desarrollan brotes denominados “chupones” que poseen crecimiento ortotrópico los cuales dan lugar a nuevas horquetas (dicho evento puede repetirse entre tres a cuatro veces consecutivas).

2.1.3.3 Hojas

El cacao presenta hojas con forma (elíptica, ovada o abovada), tamaño, color variado de acuerdo al material genético, las hojas son enteras, de entre 15 a 50 centímetros de longitud y ancho de 5 a 20 centímetros, con una nervadura pinnada y ambas superficies glabras, cuyo ápice es cuminado o romo, simétricas en el brote ortotrópico y asimétricas en las ramas plagiotrópicas (Benito, 1956).

Según García (2008), las hojas de cacao tienen peciolo que presentan dos pulvínulos o engrosamientos (uno en la inserción con el tallo y otro en la inserción con el limbo familiar), los mismos que en las ramas con crecimiento horizontal se encuentran casi unidos, mientras que en aquellos brotes tiernos presentan pigmentación antociánica a excepción de aquellos árboles mutantes presentan una despigmentación completa.

Cuando las hojas son jóvenes son péndulas y muy delicadas acompañadas en su base por dos estípulas que se desprenden y caen rápidamente (INTA, Guía tecnológica del cultivo de cacao, 2009), característica por las cuales en esta etapa presentan mayor sensibilidad a daños por insectos así como por el viento, estas presentan una coloración verde pálida. Cuando alcanzan su madurez las hojas cambian su color a verde más intenso (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

2.1.3.4 Flores

Las flores del árbol de cacao se forman en el cuello y ramas maduras (por lo que se lo denomina cauliflor) en pequeños salientes llamados cojinetes florales, las mismas que son hermafroditas y miden de 10 a 20 milímetros de diámetro. Son pentámeras y se sostienen mediante un pedicelo de uno a tres centímetros, con una constricción en su base. Presenta cinco sépalos unidos en su base, de color blanco a rosado, cuyos pétalos son alternos y fusionados a los sépalos (INTA, Guía tecnológica del cultivo de cacao, 2009).

La polinización es entomófila, la cual es favorecida por la forma y disposición de las diferentes partes de la flor (INTA, Guía tecnológica del cultivo de cacao, 2009), Este proceso se inicia con el agrietamiento del botón floral en horas de la tarde, llegando a abrirse por completo en las primeras horas del día siguiente (Estrada, Romero, & Moreno, Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas, 2011).

INTA (2009), expresa que la polinización también se la puede efectuar de forma manual para la producción de semilla, y constituye un procedimiento de mejoramiento genético. Además añade que la capacidad productiva de la planta se ve disminuida porque las flor que no es polinizada, se cae a las 48 horas, atribuyendo esta situación a problemas de compatibilidad así como al mal manejo de la huerta y deficiencias nutricionales.

2.1.3.5 Fruto

El fruto de cacao es una baya de superficie lisa o rugosa, cuyo tamaño oscila entre 10 a 42 cm, presenta módulos visibles por los surcos que pueden ser superficiales o profundos, con forma variable (oblonga, elíptica, ovada, abovada, esférica y oblata) y su coloración depende del genotipo (de rojo a verde en estado inmaduro (García, 2008).

La mazorca de cacao está compuesta de tres partes: exocarpio, mesocarpio y endocarpio (exterior, media e interior), de las cuales el mesocarpio es duro debido a la presencia de células leñosas (INTA, 2009), mientras que el exocarpio y endocarpio son suaves y carnosos, usualmente el endocarpio de los criollos es suave, siendo duro en aquellas variedades de tipo forastero (García, 2008).

La maduración de la mazorca ocurre entre los cinco a siete meses desde la fecundación, la misma que en su interior presenta varias hileras de almendras, variando el número de acuerdo al tamaño del fruto que generalmente es de 20 a 40, sin embargo puede en algunos caso ser de hasta 50 semillas, las mismas que se encuentran cubiertas de pulpa o mucílago de aroma agradable y sabor dulce (INTA, 2009).

2.1.3.6 Semilla

Dependiendo de la genética del clon, la longitud y el ancho de las semillas varía, siendo de aproximadamente 20 a 30 mm y de 10 a 17 mm, respectivamente, cuya forma suele ser alargada, redondeada, chatas, aplastadas e incluso hasta triangulares. El peso de las semillas es de aproximadamente 2 a 3.7 g, sin embargo depende también de la variedad así como del grado de humedad que se considere (INTA, 2009).

García (2008) indica que además su sabor, aroma, dulzura, grado de acidez y astringencia es igualmente variable, así como los cotiledones que se encuentran en su interior, que pueden ser de coloración morada, violeta, blanco o rosado según el genotipo.

2.1.4 Requerimiento Edafoclimáticos

2.1.4.1 Suelo

El cultivo de cacao se desarrolla bien en suelos sueltos, con coloración oscura y contenido de materia orgánica mayor al 5%, con buen drenaje, y con una profundidad efectiva superior a 1.5 metros. Sin embargo es recomendable realizar una calicata de un metro cúbico para de este modo determinar las limitaciones físicas que puedan afectar al sistema radical así como los impedimentos que se pueden presentar en el suelo como capas rocosas, compactadas y nivel freático (Acamafrut, 2012).

La textura adecuada debe ser franca a franco arcillosa, ya que los suelos arenosos no poseen buena retención de humedad ni disponibilidad de nutrientes, mientras que aquellos muy arcillosos carecen de buen drenaje interno, por lo que al sembrarse en estos suelos la cosecha se vería considerablemente limitada. Además hay que tener muy en cuenta que el cacao no se desarrolla bien en suelos inundados, por lo que en

suelos pesados se deberán construir los respectivos canales de drenaje (Ecuaquímica, 2011).

2.1.4.2 Acidez del Suelo (pH)

INTA (2009), afirma que el cacao presenta gran adaptabilidad a condiciones de acidez, pudiendo desarrollarse en suelos con pH desde 5 (muy ácidos) hasta superiores 8 (muy alcalinos), sin embargo es recomendable un suelo con acidez intermedia.

2.1.4.3 Precipitación

El requerimiento pluviométrico del cacao es de 1200 a 1500 mm/año bien distribuidos durante el año, ya que si es mayor, el cultivo corre el riesgo de ser atacado por hongos, mientras que si el rango es menor (tres meses con 60 mm/mes) se hace indispensable la implementación de riego (Ecuaquímica, 2011).

2.1.4.4 Pendiente del Terreno

Las pendientes entre 0 y 15 % favorecen el desarrollo y producción de los árboles de cacao, pero dependiendo del tipo de suelo y del manejo del mismo se pueden admitir pendientes hasta del 30 % (INTA, Guía tecnológica del cultivo de cacao, 2009).

2.1.4.5 Temperatura

La temperatura es un factor muy influyente en el desarrollo y producción del cacao, ya que no soporta temperaturas muy bajas por lo que es difícil producir en temperatura inferiores a los 21 °C, por otro lado si las temperaturas son muy extremas, se producen alteraciones fisiológicas en el árbol, un ejemplo claro de eso es la formación de las flores cuya temperatura óptima es de 21 a 25 °C y cuando es

afectada provoca que la producción de mazorcas sea estacional y durante algunas semanas no haya cosecha (Agroalimentación, 2006).

2.1.4.6 Humedad Relativa

INTA (2009), señala que cuando la humedad es muy alta esto propicia el desarrollo de enfermedades, sin embargo hay que considerar que los suelos con insuficiente reserva de agua pueden llegar a satisfacer las demanda hídrica del cultivo a partir de la humedad relativa atmosférica y reducir el stress de la planta y evapotranspiración, por lo que es recomendable sembrar en zona donde la humedad relativa no sea inferior al 60% durante el día, principalmente en época seca

2.1.4.7 Vientos

El viento fuerte incide en el desecamiento, muerte y caída de las hojas afectando así la capacidad de alimentarse de la planta, en zonas donde existe este problema deben de colocarse cortinas rompeviento para evitar los daños (Estrada, Romero, & Moreno, 2011).

2.1.4.8 Drenaje y Aireación

En general prefiere, los suelos con un horizonte húmico de color oscuro uniforme, con profundidad de un metro o mayor, son suelos bien drenados, con buena capacidad de retención de humedad y con buena aireación. Si la aireación es buena habrá oxígeno para la respiración de las raíces para los microorganismos que descomponen la materia vegetal disponible para la planta de cacao (INTA, 2009).

Los suelos que debajo del horizonte húmico tienen color rojo o pardo rojizo, son considerados aptos para el cacao. Los colores rojo, pardo y amarillo denotan una oxidación completa del óxido de hierro, por lo cual son indicativos de buena aireación y buen drenaje (INTA, 2009).

2.1.5 Grupos Genéticos de Cacao

El cacao es una especie alogama con un 95% de polinización cruzada. Por genética se clasifican en tres grandes grupos: Criollos, Forasteros y una mezcla de ellos que se le denomina Trinitarios (INTA, 2009).

2.1.5.1 Cacao Forastero

Son conocidos también como cacaos Amazónicos y/o amargos son originarios de América del Sur. Su centro de origen es la parte alta de la cuenca del Amazonas en el área comprendida entre los ríos Napo, Putumayo y Caquetá. Esta población es la más cultivada en las regiones cacaoteras de África y Brasil y proporcionan más del 80 % de la producción mundial (Motamayor *et al.*, 2002).

El cacao forastero es muy variable y se encuentra en forma silvestre en la alta (Perú, Ecuador y Colombia) y baja Amazonia (Brasil, Guyanas y a lo largo del río Orinoco en Venezuela), presenta estaminoides con pigmentación púrpura, mazorcas verdes con más de 30 semillas, de color púrpura, con alta astringencia y bajo contenido de grasa (Arguello, Mejia, & Palencia, 2000)

A este grupo pertenecen todos los cacaos comerciales del Brasil, oeste Africano y este de Asia, así como el cacao nacional del Ecuador, y líneas del bajo Amazonas de tipo amelonado que incluye Iquitos, Nanay, Parinari, y Scavina (Arguello, Mejia, & Palencia, 2000). Estos tipos de cacao son originarios del alto Amazonas y dispersados naturalmente, por dicha cuenca (Braudeau, 1970). Tal vez resulte útil hacer una distinción entre los cacaos ordinarios que se establecieron desde hace bastante tiempo en África Occidental y Brasil y los Forasteros Amazónicos que se han originado de colectas recientes. El cacao amelonado del África Occidental es una población muy homogénea, resultante de una pequeña introducción, pero en la actualidad representa la mayor parte de la producción mundial (Wood, 1982).

2.1.5.2 Cacao Criollo

El apelativo “criollo” (indígena) fue en su origen atribuido por los españoles al cacao cultivado inicialmente en Venezuela, en América Central y México y cuyos granos de cotiledones blancos proporcionaban un chocolate de superior calidad (Braudeau, 1970). El cacao criollo se caracteriza por tener estaminoides rosados, mazorcas verdes o rojas del tipo Cundeamor, de superficie rugosa y surcos profundos; posee entre 20 y 30 semillas de color blanco o crema, alto contenido de grasa, sin astringencia y bastante aroma; son usados en la industria cosmética. Los principales tipos criollos incluyen cacao Pentágona, cacao Real y cacao Porcelana (Arguello, Mejia, & Palencia, 2000).

2.1.5.3 Cacao Trinitario

El cacao Trinitario ocupa del 10-15% de la producción mundial, está constituido por el cruzamiento del criollo de Trinidad con la variedad introducida de la Cuenca del Orinoco; se lo considera cacao de calidad. Dentro de esta variedad se ubica el CCN51 que es producto de la investigación realizada en el Ecuador, en la zona de Naranjal, por el Agrónomo Homero Castro. Este clon presenta características de alta producción y tolerancia a las enfermedades pero no tiene el aroma que posee el Nacional (Marcillo, 2010).

Este grupo es el resultado del cruzamiento entre individuos criollos y forasteros. Comprende formas híbridas heterogéneas, su calidad y características botánicas son intermedias entre los dos grupos. Se cultiva en México, Centro América, Norte de Sudamérica, Trinidad, Colombia, Venezuela y oeste de África y suroeste de Asia. Este grupo se usa como material de injerto para multiplicarlo sin perder sus características, las mejores cruas combinan el sabor del cacao criollo con la rusticidad del Forastero, produciendo cacao de mucha demanda por su aplicación en los chocolates de alto grado de “sabor” (García, 2008).

Los Trinitarios vigorosos fueron diseminados en numerosos países e introducidos alrededor del año 1850 al África occidental donde fueron cruzados con los "amelonados" que años antes habían sido introducidos de Brasil (García, 2008).

2.1.6 Uso del Cacao y sus Derivados

El mercado mundial del cacao se consideran dos grandes categorías de cacao en grano: granos de cacao "fino o de aroma", y "mayor" o granos de cacao "ordinarios". Como una generalización, los granos de cacao fino de aroma se producen a partir de variedades de árboles de cacao Criollos o Trinitarios, mientras que los granos de cacao a granel provienen de árboles Forasteros. Hay, sin embargo, excepciones a esta generalización. Árboles conocidos como Nacional en Ecuador son considerados como árboles de tipo Forastero, producen cacao fino o de aroma. Por otro lado, los granos de cacao de Camerún, producidas por árboles de tipo Trinitario y cuyo polvo de cacao tiene una clara y codiciados de color rojo, se clasifican como los granos de cacao a granel (ICCO, 2013).

La proporción de cacao fino o de aroma en la producción mundial de cacao en grano es algo menos del 5% anual. Prácticamente todas las grandes actividades durante las últimas cinco décadas ha implicado cacao ordinario (ICCO, 2013).

A partir de las semillas del cacao se obtiene el cacao en grano, los cuatro productos intermedios (licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao y cacao en polvo) y el chocolate. A pesar de que el mercado de chocolate es el mayor consumidor de cacao en términos de equivalente en grano, productos intermedios tales como el cacao en polvo y la manteca de cacao son utilizados en diversas áreas (Escobar *et al.*, 2013).

El cacao en polvo se usa esencialmente para dar sabor a galletas, helados, bebidas y tortas. Además de su utilización para dar sabor, se emplea también en la producción de coberturas para confitería y en postres congelados. El cacao en polvo

lo consume también la industria de bebidas, por ejemplo en la preparación de batidos de chocolate (Escobar *et al.*, 2013).

Además de los usos tradicionales en la producción de chocolate y confitería, la manteca de cacao se utiliza también en la producción de tabaco, jabón y cosméticos. En medicina tradicional es un remedio para las quemaduras, la tos, los labios secos, la fiebre, la malaria, el reumatismo, las mordidas de culebra y otras heridas. Se dice que es antiséptico y diurético (Escobar *et al.*, 2013).

2.1.7 Cosecha

La cosecha de cacao no se limita a un periodo corto, pero se extiende por varios meses una vez o dos veces al año. El momento de la cosecha de cacao varía de país a país, dependiendo del clima y la variedad de cacao. En los países con una estación húmeda y seca pronunciada, el cultivo principal se produce 5-6 meses después del inicio de la temporada de lluvias (ICCO, 2014).

A diferencia de la mayoría de los cultivos alimentarios, árboles de cacao son capaces de producir vainas de cacao durante todo el año. Aun así, hay dos cosechas principales cada año, que suelen coincidir con la llegada de la época de lluvias. En las zonas donde el clima es más seco y las estaciones de lluvias no son tan importantes, los árboles de cacao producen mazorcas durante todo el año en más abundancia, proporcionando así una cosecha casi perpetuo. Aun así, ya que las cosechas principales son en época de lluvias, la cosecha de cacao normalmente se produce dos veces al año (AMANO, 2013).

La recolección de las mazorcas de cacao es muy laborioso, estas se recogen cada pocas semanas durante la temporada alta. Los mazorcas se cortan, teniendo cuidado de no dañar las flores cercanas y se recogen en grandes cestas, que los trabajadores llevan sobre sus cabezas, y se apilan listo para partir (Cadbury, 2012).

La cosecha se inicia cuando el fruto o mazorca está maduro. La madurez de la mazorca se aprecia por su cambio de pigmentación: de verde pasa al amarillo o del rojo y otros similares al amarillo anaranjado fuerte o pálido. No obstante, en frutos de coloración roja - violácea muy acentuada el cambio de color puede no ser muy aparente y se corre el riesgo de no cosechar a tiempo las mazorcas que han alcanzado madurez plena. Debido a esta dificultad las mazorcas pueden madurar y germinar. Cuando existen dudas respecto del estado del fruto maduro basta golpearlo con los dedos de la mano y si se produce un sonido hueco es señal de que el fruto está maduro (Marcillo, 2010).

La maduración de los frutos se reconoce por la coloración de los mismos, lo que ocurre por lo general entre 160 y 185 días después de la fecundación de la flor. Los frutos verdes se tornan amarillos cuando maduran, y los de color rojo pasan a una tonalidad naranja. Es necesario asegurarse de la madurez adecuada de los frutos antes de la cosecha, para evitar la mezcla de granos con distintos niveles de desarrollo y la pérdida de calidad en la fermentación, provocada por esta situación (Reyes, Vivas, & Romero, 2000).

La cosecha de frutos debe realizarse semanalmente, sobre todo en aquellas áreas donde predominan enfermedades que dañan la mazorca, como la mancha parda, la moniliasis y la escoba de brujas. En ningún caso, la frecuencia debe aumentarse a dos semanas para evitar que los frutos levemente enfermos lleguen a deteriorarse totalmente y en tal caso, es necesario revisar bien los frutos y si los granos están dañados, no mezclarlos con la masa de almendras de los frutos sanos, sino eliminarlos (Reyes, Vivas, & Romero, 2000).

En este proceso se debe desechar los frutos momificados porque tienen más probabilidades de estar infectados, y evitar cosechar frutos verdes. Los frutos verdes del cacao tienen una pulpa sólida, sin mucílago, por lo cual es difícil separar las semillas de cacao de la vaina, no se fermentan correctamente y pueden producir granos pizarrosos (CAC/RCP, 2013).

La recolección se lleva a cabo con la ayuda de herramientas apropiadas: machete o tijera cuando las mazorcas están bajas, y desgarradera cuando están en la parte alta de la planta. No es conveniente el uso del machete en ramas altas para cosechar frutos ni tampoco halarlos, ya que se rasga la corteza del árbol y pueden dañarse los cojines florales (Reyes, Vivas, & Romero, 2000). Las herramientas y los canastos utilizados para transportar los frutos deberán estar limpios y las herramientas afilarse con regularidad (CAC/RCP, 2013).

2.1.8 Quiebra de la Mazorca

Tras separar el fruto del árbol, se procede a partirlo a mano, y separar la pulpa y la cáscara de los granos de cacao, que es la parte valiosa del fruto. Es importante que el grano quede limpio de pulpa y cáscara para que el proceso de fermentación llegue a buen término (Marqués, 2015).

Antes de partir las mazorcas, es importante separar las sanas de las enfermas, con daños de insectos o animales. Este es el punto de partida para evitar el deterioro de la calidad pues únicamente el grano sano recuperado, puede mezclarse con el grano procedente de mazorcas sanas. El grano sospechoso de mala calidad se procesa aparte. Es importante insistir que por ningún motivo se deben mezclar granos sanos con granos cuya apariencia externa indique daños de plagas o enfermedades, ya que esto deterioraría la calidad final del producto (Cubillos, Merizalde, & Correa, 2008).

El tiempo entre el desgrane y la puesta en fermentación no debe exceder las 24 horas. Una vez amontonadas las mazorcas en lugar determinado, se debe efectuar la quiebra y de allí transportar las almendras en baldes a los fermentadores (APPCACAO, 2010).

Por lo general, la herramienta más usada para partir las mazorcas es el machete. Sin embargo, esta herramienta tiene varios inconvenientes: el riesgo para el operario, la

posibilidad de cortar los granos y el bajo rendimiento. En algunas regiones se emplea un dispositivo muy sencillo que consiste en un machete incrustado por la parte afilada a un trozo de tabla vertical debidamente apoyado sobre un trozo de tabla horizontal (Cubillos, Merizalde, & Correa, 2008).

Las mazorcas se abren generalmente por la mitad golpeándolas sobre el lomo del machete, sujetando la mitad con una mano y ejerciendo una ligera torsión sobre la otra mitad. Las ventajas de este dispositivo se basan en la seguridad para el operador, en la rapidez de la operación y en la disminución del daño a los granos.

Los granos se extraen con los dedos dejando la placenta pegada a la mazorca y se eliminan pedazos de corteza, hojas, etc., mezclados con los granos. Para esta operación se acostumbra utilizar un guante que evita el desgarre de las uñas. En los sitios donde se van a desgranar las mazorcas es aconsejable colocar un plástico sobre la superficie del suelo para evitar que los granos se mezclen con tierra, hojas o mugre en general (Cubillos, Merizalde, & Correa, 2008).

Durante el proceso de apertura las piezas defectuosas de las vainas de cacao, los granos con moho, enfermos o dañados deberán eliminarse adecuadamente. Los granos de buena calidad se deberán colocar en un contenedor adecuado durante el transporte. El transporte de granos frescos y húmedos del sitio donde se abren las vainas a las instalaciones de fermentación de la finca deberá efectuarse en condiciones que eviten la contaminación, p. ej., antes de la fermentación los granos de cacao no deberán tener tierra (CAC/RCP, 2013).

Una vez después de haber recolectado las mazorcas, se procede al siguiente proceso el cual se lo realiza de forma manual y se lo denomina picado dentro de la cosecha, este proceso demanda de acuerdo a la cantidad de producción que tenga el agricultor por lo general este proceso necesita una gran seguridad por lo que si se distrae podría sufrir cortaduras en las manos (Llanos, 2013).

2.1.9 Descascaramiento Mecánico de Mazorcas de Cacao

En la descascaradora o despulpadora se produce la rotura de las mazorcas, separando las almendras de la cáscara. Sin embargo el despulpado a máquina se lo realiza en pocas fincas debido a que no existe el incentivo de promoverla (Llanos, 2013).

En la despulpadora la mazorca se deposita en la tolva de alimentación que permite el ingreso a una primera zona, donde el eje con ayuda de unos pines, rompe la cáscara del producto. Posteriormente el producto pasa a una segunda etapa donde se encuentra con dos aspas, ajustadas al tamiz, que se encargan de presionar el fruto contra el tamiz (CITALSA, Sf)

Cuando se utiliza este método para la partida de las mazorcas, por lo general se recomienda hacer pilas de frutos recolectados en un lote sin árboles de cacao, donde se pueda facilitar este proceso y amontonar las cáscaras para su descomposición y posterior uso como abono orgánico (Colmenares, 2006).

Los granos dañados (mordidos o aplastados) por una despulpadora mal calibrada, afectarán el rendimiento físico del cacao y se obtendrá menos cantidad de cacao exportable (SCAN-PERÚ, 2014).

2.1.10 Tratamiento del Cacao Después de la Cosecha

Cuando el cacao sale de la finca, su calidad está generalmente bien establecida. Todo lo que ocurra a partir de ese momento, con la excepción posiblemente del secado adicional, solo contribuirá a disminuir su calidad. Por lo tanto, es de suma importancia de que el cacao entregado por el agricultor se haya cosechado, fermentado y secado adecuadamente (UNCTAD/OMC, 2001).

Los agricultores conocen esta forma de proceder por tradición o por experiencia. De no ser así, pueden obtener la información pertinente de los exportadores o sus agentes, y también del personal de servicios de asesoramiento. Cuanto mejor sea el cuidado que ha recibido el cacao antes de abandonar la finca, menos probabilidades habrá de que surjan problemas más adelante durante el transporte. Estos cuidados deben seguir manteniéndose al trasladar el cacao desde la finca hasta el lugar de exportación. Los almacenes del interior y los transportistas deben aplicar estrictos programas de control de plagas para impedir que el cacao sea atacado por insectos o roedores. Los controles de calidad posteriores a la cosecha requieren también que el cacao esté correctamente embalado en sacos de material apropiado para transportar alimentos (UNCTAD/OMC, 2001).

La pasta que contiene los granos de cacao preciosos se retira entonces de las vainas y se recoge en grandes cestas. Los granos son entonces, dependiendo del tipo, se deja fermentar durante cinco a siete días. Esto se lleva a cabo en el suelo o en bandejas donde los granos están cubiertos con hojas de plátano. La fermentación es importante ya que este proceso elimina naturalmente cualquiera de la pulpa del fruto restante que se adhiere naturalmente a los granos. Los granos cambian de color de beige a púrpura y desarrollan su aroma (CALLEBAUT, 2012).

Después de la fermentación que se extienden y se dejan secar al sol durante unos seis días. Los granos se convierten periódicamente para que conserven sólo una fracción de su contenido de humedad ($\pm 3\%$). El secado es esencial, tanto para detener el proceso de fermentación así como para el almacenamiento. Cuando los granos están secos, los productores de cacao aportan su valiosa cosecha a un centro de acopio, donde se clasifican los granos. A partir de la cosecha de cada agricultor se toma una muestra de 100 granos los cuales se cortan, el contenido de los granos son clasificados y a cada lote se le asigna un código de calidad (CALLEBAUT, 2012).

En algunos casos, cuando se efectúa un pelado mecánico, el mismo equipo puede realizar el pelado, el corte en mitades y la extracción de la semilla o hueso, como ocurre con la manzana, la guayaba y la pera. Otro tipo de equipos sólo corta la fruta en mitades y extrae el hueso, antes o después del pelado, como en el caso del durazno (UNCTAD/OMC, 2001).

Graziani *et al.* (2003), afirman que cuando no se da un adecuado tratamiento de postcosecha a los granos de cacao, esto repercute en el prestigio y precio en los mercados, producto de la baja calidad y falta de uniformidad del grano.

CAPÍTULO III:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Materiales y Métodos

3.1.1 Localización

La presente investigación se realizó en Santo Domingo de los Tsáchilas perteneciente a la provincia de Santo Domingo, situado en los lados externos de la cordillera occidental de los Andes, la provincia tiene de superficie 3857 km² a una altitud de 655 msnm, se encuentra entre las coordenadas 0°15'15"S 79°10'19"O.

La zona posee un clima lluvioso tropical, su temperatura media es de 25.5 °C. La humedad relativa es de aproximadamente el 90 %, precipitación media anual de 2564.6 mm y heliofanía promedio de 727.5 horas anuales.

3.1.2 Tipo de Investigación

Se llevó a cabo una investigación descriptiva y analítica a fin de identificar las principales características de los tratamientos en estudio sin influir en su comportamiento mediante la observación, y a la vez se efectuó un análisis para la identificación del método que se destaque de acuerdo a las variables estudiadas.

3.1.3 Tratamientos en Estudio

T₁: Método convencional

T₂: Método mecanizado

3.1.4 Diseño Experimental y Análisis Estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar con dos tratamientos (método mecanizado y método convencional) en 10 repeticiones.

Todas las variables en estudio fueron sometidas al análisis de varianza y se utilizó la prueba de Tukey al 95 % de probabilidad para establecer la diferencia estadística entre los tratamientos. Para el correspondiente procesamiento estadístico se usó Infostat.

Esquema del ADEVA

El esquema del análisis de varianza correspondiente al diseño utilizado en la investigación de presenta en el cuadro 1:

Cuadro 1 Esquema del análisis de varianza

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
tratamientos	1
error	18
Total	19

3.1.5 Manejo del Experimento

Para el muestreo se seleccionaron y recolectaron mazorcas maduras, listas para la extracción de almendras, luego se trasladaron las mazorcas en camioneta para llevarlas al centro de acopio de la hacienda, donde se despulparon de acuerdo a las especificaciones de los tratamientos.

Como unidad experimental se consideraron 20 mazorcas, las cuales fueron replicadas en un número de 10, de las cuales se extrajo la información para la valoración de ambos métodos.

3.1.6 Datos Registrados y Formas de Evaluación

3.1.6.1 Porcentaje de Granos Enteros

Se tomaron los granos enteros por cada unidad experimental y posteriormente se expresó en porcentaje por cada kilogramo de almendras.

3.1.6.2 Porcentaje de Granos Dañados

Se consideró el porcentaje de granos dañados por cada kilogramo de almendras extraído en cada unidad experimental y posteriormente se promedió.

3.1.6.3 Rendimiento Comparativo de los Métodos

Se registró el peso en kilogramos en cada unidad experimental en una hora.

3.1.6.4 Eficiencia en la Extracción de Almendras

En cada método de extracción se consideró el tiempo que tardaron tres personas mediante cada método en el proceso de extracción de un quintal de almendras.

3.1.6.5 Análisis Económico

Se estableció el rendimiento de extracción de mazorcas por tres personas y por máquina (tres personas para su operación) en cada repetición (muestreos), considerando el costo por extracción de cada quintal.

CAPÍTULO IV:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

4.1.1 Porcentaje de Granos Enteros

Los promedios correspondiente al porcentaje de granos sanos por cada kilogramo de almendras extraído se presentan en el cuadro 2. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los tratamientos, siendo el coeficiente de variación 0.4 %.

Cuadro 2 Porcentaje de granos enteros por kilogramo en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.

Métodos de extracción de almendras	Porcentaje de granos enteros/Kg *
Convencional	97.5 a
Mecánico	94.7 b
Promedio	96.1
Coeficiente de variación (%)	0.4

* Promedios con la misma letra no difieren según la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad

Elaboración: David Cedeño

El método convencional registró el mayor porcentaje de granos sanos por kilogramo con 97.5 %, superior estadísticamente al método mecánico que presentó un promedio de 94.7 % de granos sanos.

4.1.2 Porcentaje de Granos Dañados

En el cuadro 3 se presentan los promedios correspondiente al porcentaje de granos dañados por cada kilogramo de almendras extraído. El análisis de varianza determinó alta significancia estadística para los tratamientos, siendo el coeficiente de variación 3.9 %.

Cuadro 3 Porcentaje de granos dañados por kilogramo en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.

Métodos de extracción de almendras	Porcentaje de granos dañados/Kg*
Convencional	2.5 b
Mecánico	5.3 a
Promedio	3.9
Coeficiente de variación (%)	8.8

* Promedios con la misma letra no difieren según la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad

Elaboración: David Cedeño

El método mecánico produjo el mayor porcentaje de granos dañados por kilogramo con 5.3 %, estadísticamente superior al método convencional con el cual se obtuvo 2.5 % de granos dañados.

4.1.3 Rendimiento Comparativo de los Métodos

Los promedios correspondientes al número de kilogramos por hora se presentan en el cuadro 4. De acuerdo al análisis de varianza los tratamientos alcanzaron alta significancia estadística, siendo el coeficiente de variación 9.6 %.

Cuadro 4 Número kilogramos de almendra extraídos en una hora en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.

Métodos de extracción de almendras	Promedios * (Kg/h)
Convencional	34.9 b
Mecánico	572.7 a
Promedio	303.8
Coeficiente de variación (%)	9.6

* Promedios con la misma letra no difieren según la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad

Elaboración: David Cedeño

El mayor número de kilogramos por hora se obtuvo por medio del método mecánico con 572.7, superior estadísticamente al método convencional con el que se obtuvo un promedio de 34.9 kilogramos por hora.

4.1.4 Eficiencia en la Extracción de Almendras

En el cuadro 5 se presentan los promedios correspondientes al tiempo (minutos) de extracción de un quintal. El análisis de varianza mostró alta significancia estadística para los métodos, siendo el coeficiente de variación 11.3 %.

Cuadro 5 Tiempo de extracción por quintal en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.

Métodos de extracción de almendras	Promedios * (min)
Convencional	78.7 a
Mecánico	4.8 b
Promedio	48.7
Coeficiente de variación (%)	11.3

* Promedios con la misma letra no difieren según la prueba de Duncan al 95 % de probabilidad

Elaboración: David Cedeño

Con el método convencional se tardó mayor tiempo en la extracción de un quintal con 78.7 minutos, estadísticamente superior al método mecánico con el cual se tardó 4.8 minutos por quintal.

4.1.5 Análisis Económico

En el cuadro 6 se presenta el análisis económico de los métodos de extracción de almendras en estudio. El método mecánico de descascaramiento produjo el mayor rendimiento con 100.8 quintales generando un ingreso bruto de \$ 1512.00 a un costo de tratamiento de \$ 38.74 y costo variable de \$ 15.00, produciendo un beneficio neto de \$ 1458.26 con una relación beneficio costo de 27.14.

Cuadro 6 Análisis económico del rendimiento (qq/día) en el análisis comparativo del proceso mecánico y manual del descascaramiento de mazorcas de cacao.

Métodos de descascarada	Rendimiento en baba (qq)	Ingreso Bruto (\$)	Costo de tratamiento (\$)	Costo Variable (\$)	Costo Total (\$)	Beneficio Neto (\$)	B/C
Convencional	6.2	93.00	36.00	10.00	46.00	47.00	1.02
Mecánico	100.8	1512.00	38.74	15.00	53.74	1458.26	27.14

Precio de descascarada por quintal \$ 15.00

Elaboración: David Cedeño

4.2 Discusión

El método convencional produjo mayor cantidad de granos enteros con una diferencia de 2.8 % por encima del porcentaje de granos enteros obtenidos mediante el método mecánico que registró un porcentaje de 94.7 % en 1 Kg de muestra, lo cual se puede atribuir a que al descascarar manualmente la almendra tiene menor contacto con las herramientas, en este caso con el machete, ya que el trabajador tiene mayor cuidado al tener contacto visual directo con la mazorca, mientras que al realizarlo mediante la máquina el operador no puede observar ni detener el picado de granos. Sin embargo el método convencional representa un peligro potencial como es la cortada accidental que puede sufrir el trabajador, concordando con Llanos (2013), quien sostiene que la quiebra de mazorcas generalmente se la realiza manualmente y para dicho proceso se deberá evitar distracciones y contar con una gran seguridad puesto que la persona que realiza esta labor se distrae, podría cortarse las manos, además el mismo autor afirma que el proceso de descascaramiento mecánico no se lo realiza comúnmente en las fincas por la falta de incentivo de promover su utilización

Consecuentemente mayor porcentaje de granos dañados se observó con el método mecánico con un promedio de 5.3 % en 1 Kg de muestra, frente al 2.5 % registrado con método convencional, lo cual a largo plazo repercute en la calidad y aceptación del grano; además los granos dañados en el proceso de descascarada se pueden confundir fácilmente e incluso considerar como impurezas y desechos, mermando la cantidad de granos aprovechable, confirmando lo expresado por SCAN-PERÚ (2014) que sostiene que cuando la despulpadora no se ha calibrado correctamente aumenta la cantidad de granos dañados (mordidos o aplastados), esto afectará directamente al rendimiento físico del cacao por que se obtendrá menor cantidad de cacao exportable. Además un alto porcentaje de granos dañados es evidencia de un mal tratamiento de postcosecha, concordando con Graziani et al (2003) quienes expresan que si se carece de un apropiado tratamiento postcosecha, la calidad y

uniformidad intrínseca del grano comercial se ve afectada negativamente y en consecuencia, el precio y prestigio en los mercados.

Descascarando mediante el método mecánico se obtuvo mayor cantidad de grano extraído por hora con 537.8 Kg por encima de los 34.9 Kg/h obtenido mediante el método convencional, ya que el mecánico al tener un ritmo constante de procesamiento es más efectivo y al ser de gran potencia es más rápido en dicha labor, a diferencia del método convencional que lo efectúan jornaleros los mismos que con el avance del día disminuyen su desempeño. Por lo tanto al analizar el tiempo de extracción por quintal de almendra se observó que con el método se efectuó la labor con mayor rapidez con 4.8 minutos por quintal, mientras que con el método convencional se tardó 78.7 minutos para obtener un quintal de almendra extraída.

Considerando los resultados obtenidos se puede puntualizar que el método mecánico es más productivo en comparación con el convencional de tal manera que efectúa la labor de descascarada en menor tiempo, y por ende permite obtener mayor cantidad de grano extraído por día, permitiendo de este modo dar paso con mayor agilidad a la siguiente etapa del proceso de postcosecha del cacao que es la fermentación ya que es recomendable que se realice la quiebra de mazorcas en un tiempo no mayor a las 24 horas después de la cosecha, concordando con APPCACAO (2010) al expresar que el lapso de tiempo comprendido entre el desgrane y la puesta en fermentación no debe sobrepasar las 24 horas, y las mazorcas se deben apilar en un determinado lugar para efectuar el proceso de quiebra y posterior transporta a los fermentadores.

En lo correspondiente al análisis económico, el método mecánico fue el más productivo (31 veces más productivo), generando un beneficio neto de \$ 1411.26 por encima de los \$ 47.00 obtenidos con el método manual. Por lo tanto el método mecánico se puede utilizar en las huertas cacaoteras para obtener mejores beneficios al momento de descascarar el cacao ya que es una inversión que a largo

plazo se recupera e incluso se justifica por el ahorro de mano de obra y mayor cantidad de almendra extraído.

CAPÍTULO V:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Con el método convencional se obtuvo el mayor porcentaje de granos sanos con un promedio de 97.5 %.
- El mayor porcentaje de granos dañados se produjo con el método mecánico con 5.3 %.
- Utilizando el método mecánico se registró mayor número de kilogramos por hora con 572.7.
- El método de menor tiempo de extracción por quintal fue el mecánico con 4.8 min/quintal.
- Con el método mecánico se obtuvo el beneficio económico con \$ 1458.26 por encima de los \$ 47.00 obtenidos con el método manual.

5.2 Recomendaciones

- Implementar el método mecánico en fincas productoras de cacao que alcancen producciones por encima de 10 quintales diarios.
- Utilizar método mecánico a fin de obtener mayores beneficios producto de la descascarada de cacao y a la vez demanda menor mano de obra.
- Extraer almendras por medio del método mecánico ya que es más rápido para dicho proceso.

CAPÍTULO VI:

BIBLIOGRAFÍA

6.1 Literatura Citada

- Acamafrut. (2012). Manejo integrado del cultivo de cacao. Obtenido de http://sites.amarillasinternet.com/acamafrut/el_cultivo_de_cacao.html
- Agroalimentación. (2006). Cacao: Clima y suelo. Obtenido de <http://www.engormix.com/MA-agricultura/cultivos-tropicales/articulos/cacao-clima-suelo-t761/078-p0.htm>
- AMANO. (2013). Harvesting Cocoa: The First Big Step Towards Quality. Obtenido de <http://www.amanochocolate.com/blog/harvesting-cocoa-part-1/>
- APPCACAO. (2010). Cosecha y postcosecha del cacao. Obtenido de http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/Cosecha_y_post_cosecha_de_cacao.pdf
- Arguello, O., Mejia, L., & Palencia, C. (2000). Origen y descripción botánica. Tecnología para el mejoramiento de sistemas de producción de cacao. Corpoica. Bucaramanga, Colombia, 10 - 12.
- Benito, S. (1956). Tecnificación del cacao en la amazonia peruana. Lima - Perú: Fundación para el desarrollo de la amazonia peruana (FUNDEAGRO).
- Braudeau, J. (1970). El cacao. En Colección Agricultura Tropical (pág. 304). Barcelona - España: Editorial Blume.
- CAC/RCP. (2013). Código de prácticas para prevenir y reducir la contaminación del cacao por ocratoxina A. Obtenido de http://www.codexalimentarius.org/input/download/standards/13601/CXP_072s.pdf
- Cadbury. (2012). Harvesting and Processing Cocoa Beans. Obtenido de <https://www.cadbury.com.au/About-Chocolate/Harvesting-and-Processing-Cocoa-Beans.aspx>

- CALLEBAUT. (2012). El cultivo de cacao. Obtenido de <http://www.callebaut.com/ocen/chocophilia/from-cocoa-to-chocolate/cocoa-cultivation>
- CITALSA. (Sf). Despulpadora de frutas. Obtenido de http://www.citalsa.com/files/despulpadora_de_frutas_d1000_ci_talsa_09401012.pdf
- Colmenares, F. (2006). Diseño y construcción de un prototipo experimental desmucilagador de cacao. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga-Colombia. 103 p.
- Cubillos, G., Merizalde, G., & Correa, E. (2008). Manual de beneficio del cacao. Obtenido de https://chocolates.com.co/sites/default/files/default_images/manual_beneficio_cacao.pdf
- Ecuaquímica. (2011). Cultivo de cacao. Obtenido de <http://www.ecuaquimica.com.ec/cacao.pdf>
- Eigenberger, C. (2012). Dominicanaanse Republiek Grand Cru Hacienda Felchlin. Obtenido de http://cocoaskiss.blogspot.com/2012_06_01_archive.html
- Escobar, R., Arestegui, M., Moreno, A., & Sánchez, L. (2013). Catálogo de maquinaria para procesamiento de cacao. Obtenido de https://energypedia.info/images/0/08/Maquinaria_para_Cacao.pdf
- Estrada, W., Romero, X., & Moreno, J. (2011). Guía técnica del cultivo de cacao manejado con técnicas agroecológicas. Obtenido de <http://docplayer.es/353411-Guia-tecnica-del-cultivo-de-cacao-manejado-con-tecnicas-agroecologicas.html>
- FAO. (2001). Importance of Cocoa. Obtenido de http://www.fao.org/docs/eims/upload/216251/Infosheet_Cocoa.pdf
- García, L. (2008). Estudio de caracterización del potencial genético del cacao en el Perú. Obtenido de http://www.ruta.org/CDOC-Deployment/documentos/estudio_potencial_genetico.pdf

- Graziani de Fariñas, L., Ortiz, L., Álvarez, N., & Trujillo de Leal, A. (2003). Fementación de cacao en dos diseños de cajas de madera. *Agronomía Tropical* 53 (2), 175 - 187.
- ICCO. (2013). Origins Of Cocoa And Its Spread Around The World. Obtenido de <http://www.icco.org/about-cocoa/growing-cocoa.html>
- ICCO. (2014). What time of year is cocoa harvested? Obtenido de <http://www.icco.org/faq/58-cocoa-harvesting/131-what-time-of-year-is-cocoa-harvested.html>
- INTA. (2009). Guía tecnológica del cultivo de cacao. Obtenido de <http://www.inta.gob.ni/biblioteca/images/pdf/guias/Guia%20CACAO%202010.pdf>
- Llanos, L. (2013). Diseño y construcción de una picadora y despulpadora de cacao. Proyecto de tesis previo a la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Obtenido de Universidad Técnica "Luis Vargas Torres". Esmeraldas - Ecuador: <http://documents.tips/documents/tesis-luis-adrian-llanos-b.html>
- Marcillo, R. (2010). El cacao ecuatoriano. Obtenido de <http://agricultura-tropical-ecuador.blogspot.com/2010/11/el-cacao-ecuadoriano.html>
- Marqués. (2015). El árbol del cacao, cultivo y recolección. Obtenido de <http://www.confiteriamarques.com/index.php/m,35/el-arbol-del-cacao-cultivo-y-recoleccion>.
- Motamayor, J., Risterucci, A., López, P., Ortiz, C., Moreno, A., & Lanaud, C. (2002). Cacao domesticación. The origin of the cacao cultivated by the Mayas. *Heredity* 89, 380 - 386.
- Paredes, N. (2009). Manual de cultivo de cacao para la Amazonía Ecuatoriana. Obtenido de <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/944>

- Reyes, H., Vivas, J., & Romero, A. (2000). La calidad del cacao: cosecha y fermentación. Ficha divulgativa N° 66. FONAIAP. Obtenido de http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/FonaiapDivulga/fd66/texto/calidadcacao.htm
- SCAN-PERÚ. (2014). La despulpadora de café y sus cuidados. Obtenido de <http://scanprogram.org/wp-content/uploads/2014/12/SCAN-PERU-DIPTICO-17.pdf>
- Soria, V. (1970). Principal varieties of cacao cultivated in tropical América. Cocoa Growers´Bulletin, N° 15, 12 - 21.
- UNCTAD/OMC. (2001). Cacao: Guía de prácticas comerciales. Obtenido de <http://www.intracen.org/uploadedFiles/intracenorg/Content/Publications/Cocoa%20-%20A%20Guide%20to%20Trade%20Practices%20Spanish.pdf>
- Wood, G. (1982). Cacao. Compañía Editorial Continental S.A. México. 368.
- World Cocoa Foundation. (2015). While cocoa can now be enjoyed in an endless array of products around the world, this delicacy has history that's equally rich and compelling. Obtenido de <http://www.worldcocoafoundation.org/about-cocoa/history-of-cocoa/>

CAPÍTULO VII:

ANEXOS

Anexo 1 Análisis de varianza de porcentaje de granos sanos

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor	
tratamientos	1	39.2000	39.2000	326.36	< 0.0001	**
error	18	2.1620	0.1201			
Total	19	41.3620				

** : Significancia estadística al 99 %; * : Significancia estadística al 95 %; NS: No Significativo

Anexo 2 Análisis de varianza de porcentaje de granos dañados

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor	
tratamientos	1	38.3645	38.3645	316.05	< 0.0001	**
error	18	2.1850	0.1214			
Total	19	40.5495				

** : Significancia estadística al 99 %; * : Significancia estadística al 95 %; NS: No Significativo

Anexo 3 Análisis de varianza de número de kg/h.

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor	
tratamientos	1	1446144.2000	1446144.2000	1699.41	< 0.0001	**
error	18	15317.4220	850.9679			
Total	19	1461461.6220				

** : Significancia estadística al 99 %; * : Significancia estadística al 95 %; NS: No Significativo

Anexo 4 Análisis de varianza de tiempo de extracción por quintal

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados Medios	F	p-valor
tratamientos	1	38552.9805	38552.9805	1268.77	< 0.0001 **
error	18	546.9490	30.3861		
Total	19	39099.9295			

** : Significancia estadística al 99 %; * : Significancia estadística al 95 %; NS: No Significativo



Anexo 5 Construcción de la descascaradora



Anexo 6 Colocación de mazorcas en la descascaradora



Anexo 7 Granos en baba obtenidos mediante el método mecánico



Anexo 8 Proceso de descascaramiento mecánico



Anexo 9 Separación de la cáscara y almendras de cacao