

**MINISTERIO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA
Y FORESTAL**

DIRECCIÓN NACIONAL DE INNOVACIÓN

PROYECTO:

**“DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD DEL CACAO”**

**EFFECTO DE 3 TIPOS DE SECADORAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL
GRANO DE CACAO CULTIVADO EN EL MUNICIPIO DE ALTO BENI.**

**LA PAZ – BOLIVIA
2022**



RESUMEN

El presente trabajo de investigación titulado "EFECTO DE 3 TIPOS DE SECADORAS PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE ALTO BENI, se realizó en la parcela agrícola # 136, del propietario Gabriel Ramírez Vilca, CI. 6002300LP. con una producción anual de 340 qq y 9 hectáreas de producción, afiliado a la Cooperativa SAJAMA. Geográficamente se encuentra en los paralelos 15°44'9,25" Latitud de Sur y 67°19'0,21" Longitud Oeste, con una Altura de 566 msnm, con una precipitación promedio 1800 mm y una Temperatura de media de 26°C.

Los granos de cacao utilizados para la investigación fue la variedad híbrida VI-41. Los objetivos planteados fueron: Establecer condiciones de secado en los tres tipos de secadoras. Evaluar el efecto de 3 tipos de secado en las características físicas, químicas y organolépticas de los granos de cacao. Determinar el efecto de la humedad, peso y la temperatura del grano en los tres tipos de secado. Determinar la calidad del grano de cacao en los tres tipos de secados. Establecer los costos operativos de las diferentes técnicas de secado del grano de cacao. La investigación se ejecutó utilizando el diseño completamente al azar (DCA), con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, teniendo un total de 16 unidades experimentales la información de campo recabada se realizó en el programa estadístico Infostat. Donde se realizó 3 repeticiones. Utilizando 4 tratamientos y cada tratamiento está compuesto por 4 repeticiones. Teniendo como tratamientos las diferentes mallas secadoras: T1 Malla Milimétrica, T2 Malla Saram o Semi Sombra, T3 Malla Diamante T4 Mesa de madera. Los datos climatológicos obtenidos fueron temperaturas media de 30.6°C y una humedad relativa media 71.5%. Las variables de respuesta evaluadas fueron: peso fresco del grano de cacao, temperatura y humedad de los granos de cacao fermentado, tiempo de secado de grano de cacao, peso de final, color de los granos de cacao, calidad organoléptica.





ÍNDICE GENERAL

1.1	ANTECEDENTES	11
1.2	PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	11
1.3	JUSTIFICACIÓN	12
2.1	OBJETIVO GENERAL:	13
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3.1	ORIGEN DEL CULTIVO	13
3.1.1	Clasificación taxonómica:	13
3.1.2	Historia del Cacao y Chocolate	14
3.1.3	El cacao en Bolivia y Alto Beni	14
3.2	CARACTERÍSTICAS BOTÁNICAS	16
3.2.1	Clasificación taxonómica	16
3.2.2	Morfología del cultivo	16
3.3	REQUERIMIENTOS CLIMÁTICOS DEL CACAO:	17
3.3.1	Precipitación	17
3.3.2	Temperatura	18
3.3.3	Humedad relativa	18
3.3.4	Vientos:	19
3.3.5	Altitud 19	
3.3.6	Luminosidad:	20
3.4	REQUERIMIENTOS DE SUELOS PARA EL CULTIVO DEL CACAO	20
3.4.1	Suelos 20	
3.4.2	PH del suelo	21
3.4.3	Topografía:	21
3.5	REPRODUCCIÓN DE CACAO	21
3.6	VARIEDADES DE CACAO	22
3.7	BENEFICIADO DEL CACAO	23
3.7.1	Procesos del beneficiado	24
3.7.2	Métodos de secado	27
3.7.3	Proceso de secado	28
3.7.4	Condiciones para el secado	28



Dr. Jaime Cosme G.
CHICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



3.8	AIRE Y TEMPERATURA:	29
3.8.1	Humedad:	30
3.8.2	Actividad de Agua	30
3.8.3	Convección	30
3.9	CLASIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE GRANO	30
3.9.1	Calidad	31
3.9.2	Calidad del grano de Cacao	32
3.9.3	Características que deben cumplir los granos de cacao:	34
3.9.4	Prueba de calidad:	35
3.9.5	Normas de calidad y especificaciones	36
3.9.6	Almacenamiento	37
4.1	UBICACIÓN GEOGRÁFICA	38
4.1.1	Ubicación del ensayo	38
4.2	FISIOGRAFÍA	40
4.3	TOPOGRAFÍA	40
4.4	SUELOS	41
5.1	MATERIALES	42
5.1.1	Materiales de campo	42
5.1.2	Material de escritorio	42
5.2	MATERIAL BIOLÓGICO:	42
6.1	DISEÑO METODOLÓGICO	43
6.1.1	Método de Investigación	44
6.1.2	Tipo de Estudio	45
6.1.3	Diseño de la Investigación:	45
6.1.4	Diseño experimental:	46
6.1.5	Modelo Estadístico:	46
6.1.6	Tratamientos, unidad experimental	46
6.1.7	Croquis de ubicación diseño experimental	47
6.2	VARIABLES DE ESTUDIO	47
6.2.1	Variables Independientes	47
6.2.2	Variable Dependiente:	47
6.3	RECOLECCIÓN DATOS DE CAMPO:	47
6.3.1	Cosecha de cacao:	47



ig. Jaime Cosme G.
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



6.3.2	Quiebra de mazorcas de cacao.....	48
6.3.3	Fermentación	49
6.4	CARACTERÍSTICAS DE LAS SECADORAS	51
6.4.1	Malla Milimétrica	52
6.4.2	Malla Saram o Semi sombra	53
6.4.3	Malla Diamante	54
6.5	TOMA DE DATOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL AMBIENTE, HUMEDAD Y PESO DEL GRANO DE CACAO	55
6.5.1	La Humedad del grano de cacao se midió:.....	55
6.5.2	El peso del grano de cacao se midió:.....	56
6.6	SECADO	57
6.7	CLASIFICACIÓN	57
6.8	ALMACENAMIENTO	59
7.1	RESULTADOS DE CAMPO.....	59
7.1.1	Condiciones Climáticas	59
7.1.2	Análisis estadísticos de la pérdida de humedad diaria del grano de cacao	60
7.1.3	Análisis de Varianza:.....	60
7.1.4	Análisis estadísticos de la pérdida de peso diario del grano de cacao:.....	64



Ing. Jaime Cost
ECONOMISTA INVESTIGADOR
DE TECN
INSTITUTO NA
AGROPECUARIO



INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación Geográfica de la Localidad de San Antonio	39
Figura 2 Cosecha de cacao. a) Planta de cacao. b) Recolección de mazorcas.	48
Figura 3 Cosecha de cacao. c) almohada floral. d) corte correspondiente.	48
Figura 4 Quiebra de mazorca. a) desconchado. d) corte correspondiente	49
Figura 5 Mazorca desconchada. d) extracción de los granos.	49
Figura 6 Fermentación. a) Caja modificada b) caja llena de granos de cacao.	50
Figura 7 c) Echado de los granos de cacao d) Toma de datos de temperatura.	50
Figura 8 Fermentación. a) Fermentado y no fermentado b) prueba de corte.	51
Figura 9 Fabricación. a) Mesa secadora b) malla milimétrica, Saram, diamante.	52
Figura 10 c) templado de las mallas d) secadoras listas	52
Figura 11 Fabricación. a) Mesa secadora de malla milimétrica	53
Figura 12 a) Mesa secadora de malla	54
Figura 13 a) Mesa secadora de malla diamante	54
Figura 14 Medidor de Temperature and Humidity Datalogger DT-172.	55
Figura 15 Smart Misture Meter TG pro a) tomando datos de humedad b) humedad final.	56
Figura 16 a) Mini Crane Scale MNCS-M b) peso inicial por tratamiento.	56
Figura 17 Secado a) clasificación de grano de cacao b) Limpieza, pulido del grano de cacao	57
Figura 18 muestras de 100 granos de cacao malla milimetrica	58
Figura 19 muestras de 100 granos de cacao malla saram	58
Figura 20 muestras de 100 granos de cacao en malla diamante	58
Figura 21 muestras de 100 granos de cacao en secadora de madera	59
Figura 22 Temperatura y Humedad Relativa del ambiente de la investigación.	60
Figura 23 Perdida de humedad del grano a las 24 horas	62
Figura 24 Perdida de humedad del grano a las 48 horas	63
Figura 25 Perdida de humedad del grano a las 72 horas	64
Figura 26 Pérdida de peso del grano de cacao a las 24 horas	66
Figura 27 Perdida de humedad del grano a las 48 horas	67





Figura 28 Perdida de humedad del grano a las 72 horas	68
Figura 29 Calidad del grano de cacao	69



Arme Cosme Guillen
ECONICO INVESTIGADOR Y TRU
DE TECNOLOGIA C
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORE



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica.....	13
Tabla 2 Defectos comunes de granos de cacao.....	32
Tabla 3 Normas de calidad del CEIBO para grano de cacao.	33
Tabla 4 Tipos de granos defectuosos.	34
Tabla 5 Características físicas del grano de cacao.....	35
Tabla 6 Composición de la pulpa de cacao.	36
Tabla 7 Normas de calidad de otros países.....	37
Tabla 8 Localización del estudio	39
Tabla 9 Características Genotipo Local (IV-41)	43
Tabla 10 Diseño de la Investigación.	45
Tabla 11 Tratamientos.	46
Tabla 12 Características de las secadoras para el grano de cacao.....	51
Tabla 13 Datos climatológicos.	60
Tabla 14. Coeficiente de variación de pérdida de humedad a las 0 horas.....	60
Tabla 15. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso a las 0 horas.....	61
Tabla 16. Coeficiente de variación de pérdida de peso a las 24 horas.....	61
Tabla 17. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso a las 24 horas.....	61
Tabla 18. Prueba de medias de Fisher calidad del grano de cacao	61
Tabla 19. Coeficiente de variación de pérdida de humedad a las 48 horas.....	62
Tabla 20. Análisis de varianza de la variable pérdida de humedad a las 48 horas...	62
Tabla 21. Prueba de medias de Fisher pérdida de humedad a las 48 horas.....	62
Tabla 22. Coeficiente de variación de pérdida de humedad a 72 horas.	63
Tabla 23. Análisis de varianza de la variable de pérdida de humedad a 72 horas. ..	63
Tabla 24. Prueba de medias de Fisher calidad de pérdida de humedad a 72 horas.	63
Tabla 25. Coeficiente de variación de pérdida de peso	64
Tabla 26. Análisis de varianza de pérdida de peso.....	65
Tabla 27. Coeficiente de pérdida de peso a 24 horas.....	65
Tabla 28. Análisis de varianza de la variable de pérdida de peso a 24 horas	65
Tabla 29. Prueba de medias de Fisher de pérdida de peso a 24 horas.....	65



Ing. Jaime Cosme Gu
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



Tabla 30. Coeficiente de variación de pérdida de peso a 48 horas	66
Tabla 31. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso a 48 horas	66
Tabla 32. Prueba de medias de Fisher pérdida de peso a 48 horas.....	66
Tabla 33. Coeficiente de variación de pérdida de peso a las 72 horas.....	67
Tabla 34. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso	67
Tabla 35. Prueba de medias de Fisher pérdida de peso	67
Tabla 36. Coeficiente de variación de calidad de cacao	68
Tabla 37. Análisis de varianza de la variable calidad del grano.....	68
Tabla 38. Prueba de medias de Fisher calidad del grano de cacao	69



Alma Cosme Gutierrez
INVESTIGADORA Y TITULAR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORESTAL



1 INTRODUCCIÓN

En Bolivia se encuentra el cacao naturalmente en bosque del Beni, Cochabamba, Santa Cruz y Norte de La Paz, este tipo de cacao es conocido como chocolate, nativo o silvestre. En la región del Alto Beni el cacao ha sido reemplazado por material genético foráneo una mayor parte trinitarios (de Trinidad y Tobago) con características productivas.

En ese entonces tomó importancia el cacao cultivado debido a sus altos rendimientos en productividad y cierta tolerancia a las enfermedades.

En la región se cultiva cacao hace más de 46 años desde la colonización, donde las instituciones locales como la EES – UMSA y PIAF EL CEIBO, han liberado material genético de alta productividad; por general uno de los cuellos de botella es en el proceso de beneficiado de cacao que con esta investigación se quiere dar alternativas en el secado de cacao.

El cacao en sus diversas formas de procesamiento ha llegado a incursionar en el mercado internacional, contribuyendo la creciente demanda, a la mejora de la producción, almacenamiento y transformación. Se calcula que en el mundo más de 20 millones de personas dependen directamente del cultivo de cacao para su subsistencia, en consecuencia, la producción cacaotera no sólo enfrenta problemas de producción, sino también al mercado, aspectos derivados de los procesos de producción, acopio y transformación, de acuerdo al Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (2007).

En la zona de Alto Beni gran parte de las comunidades se caracterizan por su vocación productiva del cacao, constituyéndose en una actividad económica principal, que contribuye en la mejora de vida de los productores; sin embargo, la calidad del grano de cacao seco es heterogénea en su fase de secado, lo que afecta negativamente en la comercialización y precios.





1.1 Antecedentes

(PIAF EL CEIBO, 2009), Nuestro país se destaca por la producción de cultivos orgánicos, uno de estos sobresale por su calidad es el cultivo de cacao (*Theobroma cacao* L.).

En la zona del Alto Beni del Departamento de La Paz, se tiene gran potencialidad de producción en cacaotales híbridos y clones mejorados que asegura el incremento económico anual de los agricultores de la región.

En el proceso productivo del cultivo de cacao, el aspecto de mayor importancia es la calidad que se manifiesta a través de características físicas: como el color, peso, forma limpieza y granos sanos, uno de los aspectos para la obtención de granos de calidad es realizar un buen secado.

La producción de cacao se ve reducida en el proceso de secado de granos por las condiciones de los secadores, influenciados por las variables de humedad, temperatura y tiempo que provocan presentaciones inadecuadas en el producto obtenido.

Para mejorar la calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) es necesario controlar la etapa de secado de los granos en tres tipos de secadores generando alternativas tecnológicas que coadyuven a los productores en el área de influencia del Municipio de Alto Beni.

El beneficiado del grano de cacao permitirá mantener las características físicas de los granos de cacao en el proceso de secado incrementando la calidad.

1.2 Planteamiento de problema

Grziani citado por Sanchez (2007), La calidad del grano de cacao, está en función al proceso de cada una de las etapas del beneficio de este cultivo; que comienza con la cosecha, partida de las mazorcas maduras para la obtención de los granos; continúa con la fermentación y el secado del grano, terminando con la clasificación y almacenamiento, si el proceso es bueno se obtiene un cacao rico en materias grasas y libre de granos defectuosos (pizarrosos, violáceos, sobre fermentados, enmohecido,



ING. Jaime Cordero
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
AGROPECUARIA



apolillados, germinados y dañados), en consecuencia un cacao de calidad con excelencia sabor y aroma a chocolate enmarcado dentro de los requisitos exigidos por los mercados.

1.3 Justificación

Las condiciones medioambientales de la zona de Alto Beni constituyen un factor importante en el proceso de fermentado y de secado de los granos de cacao (*Theobroma cacao* L.), donde la humedad relativa y la temperatura fluctúan de forma constante influenciando en el rendimiento y la calidad de los granos de cacao.

El tiempo de secado constituye también un factor a ser tomado en cuenta. Cuando el proceso de secado es prolongado origina hongos que provocan sabores no adecuados en el producto. Sin embargo, cuando el tiempo de secado es reducido o minimizado provoca sabores ácidos en el producto.

Por tanto, los granos de cacao después del proceso de secado deberán presentar características de calidad que permitan comercializar el producto al mercado.

Los productores del Municipio de Alto Beni dedicados al cultivo de cacao se verán beneficiados, por el incremento de producción y calidad de los granos de cacao, que cumplirán normativas estandarizadas de comercialización tanto en el mercado externo como interno.

En Alto Beni se debe buscar alternativas tecnológicas para los productores, no sólo para el fomento del cultivo, sino para estimular la práctica de las labores que mejoran la calidad del grano, respondiendo de mejor manera a garantizar las necesidades de las industrias procesadoras que demandan un grano que proporcione las características deseadas de sabor y aroma. Se requiere originar en los agricultores una cultura de beneficio que afiance el mercado de calidad.

Al respecto al sabor potencial del cacao fino, es debido a la variabilidad genética de los árboles que los producen. Aunque, el desarrollo del sabor y aroma del chocolate depende del correcto proceso de secado.





2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Evaluar el efecto de calidad del grano de cacao cultivado (*Theobroma cacao* L.) mediante el secado de granos en tres tipos de secadores para generar alternativas tecnológicas que coadyuven a los productores del municipio de Alto Beni – La Paz.

2.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto de 3 tipos de secado en las características físicas y organolépticas del grano de cacao.
- Determinar la calidad del grano de cacao en los tres tipos de secados en el municipio de San Antonio
- Establecer los costos operativos de las diferentes técnicas de secado del grano de cacao.

3 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Origen del cultivo

La Compañía de Chocolates S.A. (1988), indica que antes de la conquista, los agricultores Mayas y aztecas fueron los primeros en cultivar la planta de cacao. Estas civilizaciones usaban el cacao como alimento y para sus castas era símbolo de riqueza y poder. En efecto los indios no sólo preparaban una bebida especial si no que lo utilizaban como moneda para pagar sus tributos.

3.1.1 Clasificación taxonómica:

Según Batista, L. (2009), el cacao está clasificado de la siguiente manera:

Tabla 1. Clasificación taxonómica

División	Espermatofita
Clase	Angiosperma
Sub-clase	Dicotiledónea
Orden	Malvales
Sub-orden	Malvinas
Familia	Esterculiaceas

VERO
JOSUE W.
GUTIERREZ
INIAT

Ing. Jaime Osme Gutierrez
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



Tribu	Bitneria
Género	Theobroma
Especie	Cacao

3.1.2 Historia del Cacao y Chocolate

Por su lado, Thompson (1956), Enríquez (1985) y Enríquez & Paredes (1985) mencionan que la historia primitiva del cultivo del cacao es materia de muchas conjeturas en la época del descubrimiento de América los aztecas consumían el cacao. Los mayas cultivaban en México y Guatemala, el cacao era de tipo criollo y del cual se obtenía una bebida agradable con relación al forastero. A principios del siglo XVI los granos de cacao se utilizaban para preparar una bebida también fue utilizada como moneda para pagar tributos a los señores aztecas y tuvo usos en diversos rituales religiosos y medicinales.

Enríquez & Paredes (1985), indican que la historia del chocolate se remonta a los albores del descubrimiento de América en 1492, en el viejo mundo, no se conocía nada acerca del delicioso y estimulante sabor del cacao que fue el favorito de millones de personas en todos los continentes. En 1828 se invirtieron las primeras prensas para hacer la extracción de la grasa del cacao. A partir de esa fecha la consistencia de chocolate fue más estable y conservó su sabor y aroma característicos. En el siglo XIX, Daniel Peter et al Vevey, en Suiza inventa la fase del agregado de leche al chocolate para comerlo y también la fabricación de pasta azucarada que se emplea en pastelería.

3.1.3 El cacao en Bolivia y Alto Beni

Zeballos & Terrazas, (1970) indican que el cacao pertenece al grupo amazónico, naturalmente se encuentra a lo largo de los ríos que desembocan al río Amazonas, fue promovido por el gobierno de Bolivia en la década de los 60, como la principal fuente de ingresos para los agricultores migrantes del altiplano boliviano que colonizaron la región amazónica (Zeballos & Terrazas, 1970).





Actualmente, Bolivia es reconocida como el mayor productor mundial de cacao orgánico, por el potencial que representa la zona de Alto Beni, existiendo una demanda de cacao de 26.664 quintales anuales, por lo que el país el año 2005 importó alrededor de 59.620 quintales de cacao provenientes del Brasil, Colombia, Perú, África y Ecuador. Existen plantas procesadoras como El CEIBO en La Paz, y otras industrias en el interior del País que tienen su capacidad de procesamiento sub utilizadas por la limitada provisión de materia prima. Estas empresas están en condiciones de comprar toda la producción del Alto Beni y Trópico de Cochabamba (Camacho & Silva, 2007). Menciona que en la actualidad los países productores de cacao tienden a incrementar las producciones y homogenizar la calidad del grano de cacao con la siembra de clones, los cuales varían según el comportamiento en cada uno de las regiones cacaoteras (Mejía & Palencia, 2000).

Los clones introducidos por el Instituto Nacional de Colonización a la región de Alto Beni, establecidos en el JARDÍN CLONAL de la Estación Experimental de Sapecho y replicados en la parcela Experimental de la Fundación PIAF – EL CEIBO, fueron seleccionados y evaluados por su adaptación, rendimiento y otras cualidades de los cuales se recomienda los siguientes clones: ICS – 1, ICS – 6, ICS – 8, ICS – 95, ICS – 60, ICS – 111, IMC – 67, EET – 19, EET – 95, TSH – 565, POUND – 12, PA – 12 (July, 2010).

Actualmente existe bastante interés por parte de los productores en las selecciones locales (híbridos provenientes de los anteriores) principalmente por su rendimiento elevado.

Somarriba, Stoian, Zelada, & Palencia (2002), mencionan que hoy en día, Alto Beni es considerada como la principal productora de cacao de Bolivia produjo 2400 toneladas de cacao, de los cuales el 90% provienen de Alto Beni, el valor de esta producción es de unos 2 millones de dólares, representando entre el 10 – 13% de ingreso de la zona.



Ing. Jaime Cosme Gubie
TECNICO INVESTIGADOR Y
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORESTAL



3.2 Características Botánicas

3.2.1 Clasificación taxonómica

En el año 1737 Linneo, clasificó el cacao como *Theobroma cacao*. Luego, Benthán y Hooker, en 1862, dieron una clasificación definitiva como especies de la familia Sterculiaceae, la cual actualmente pertenece al orden de las Malvales (Batista, 2009).

3.2.2 Morfología del cultivo

Theobroma cacao L., descrito por Toxopeus (1985), en general es un árbol que tiene una altura de 4 a 15 metros dependiendo del tipo y del medio ambiente. Las hojas son enteras de 15 a 50 cm de longitud y de 4 a 15 cm de ancho con un ápice agudo o subagudo.

Menciona que la inflorescencia es un dicasio y el cojín una ramilla de entre nudos, siendo su estructura y posición los caracteres más notables del cacao. El fruto del árbol es una drupa denominada mazorca, sostenida por un pedúnculo fuerte, formada por la unión de cinco carpelos; la forma es generalmente elipsoidal (León, 1987).

Nosti (1970), indica que el cacao es un árbol que alcanza alturas que sobrepasan los 10 metros, la raíz principal se une al tronco por un grueso cuello, a veces de diámetro superior al tronco y nacen de 4 a 8 raíces laterales situadas muy superficialmente, el tronco llega a alcanzar un diámetro de 20 cm; las hojas del cacao cuando empiezan a desarrollarse son colgantes poseyendo un peciolo particular, tanto en su base como en el arranque, el limbo tiene dos articulaciones engrosadas que permiten orientarse hacia el lado luminoso: la flor diminuta posee las envolturas y órganos que caracterizan la típica flor completa posee un pedúnculo de una longitud de 20 mm, hasta 30 aproximadamente.

(CIPCA, 2007), informa que la planta del cacao bien manejada debería tener 1.5 metros de altura. Si no se la poda puede alcanzar de 7 a 10 metros en el lapso de 5 a 8 años, las flores aparecen pegadas al tronco y a las ramas. La principal floración se presenta en los meses de septiembre y octubre; sin embargo, se encuentran flores en el transcurso del año, siempre que no existan sequías largas.

INIAF
VOS
JESUS HUI
CARRAS
GUAYTARE
INIAF
Ing. Jaime Cuervo Cuervo
TECNICO INVESTIGADOR Y TR
DE TECNOLOGIA C
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORE



El fruto se llama mazorca su tamaño puede variar de 10 a 20 cm. cada mazorca contiene entre 24 y 50 semillas. El fruto al madurar pasa del color hacia amarillo vistoso o anaranjado, la semilla también llamada pepa o almendra, está cubierta por una capa dulce llamada pulpa o mucilago. El tamaño de las semillas puede variar de 1.5 a 2.5 cm. y tienen un rendimiento de 315 a 650 kilogramos de grano seco por hectárea, eso es entre 7 a 14 quintales.

3.3 Requerimientos climáticos del cacao:

Gardini, Cernades, Arevalo, & Aguila (2004), indica que el establecimiento del cacao es importante considerar el factor medio ambiental, que está muy relacionado con el desarrollo del cacao por lo que es necesario cumplir con los requerimientos, precipitación, humedad relativa, temperatura, luminosidad, suelo y altitud.

3.3.1 Precipitación

PROAMAZONIA (2004), menciona que el cacao es una planta que necesita un adecuado suministro de agua para efectuar sus procesos metabólicos. En términos generales, la lluvia es un factor climático que más variaciones presenta durante el año. Su distribución varía notablemente de una a otra región y es el factor que determina las diferencias en el manejo del cultivo, presentando una precipitación óptima para el cacao de 1,600 a 2,500 mm, distribuidos durante todo el año y precipitaciones que excedan los 2,600 mm, pueden afectar la producción del cultivo de cacao.

Según (Barros, 1981), el cacao requiere humedad, sufre mucho con largos periodos secos y en condiciones tropicales debe haber un mínimo anual de lluvias de 1200 mm y un máximo de 3500 mm; sin embargo, su distribución tiene aún más valor que la cantidad total precipitada, ya que es afectada por la evaporación.



Ing. Jaime Cosme Gutierrez
TECNICO INVESTIGADOR Y
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORESTAL



El cultivo requiere de 1200 a 2500 mm de lluvia bien distribuida durante el año (ideal mayor a 100 mm. por mes) por encima de este rango puede haber problemas con los hongos que afectan los frutos (Gómez, 2005).

3.3.2 Temperatura

La temperatura para el cultivo de cacao debe estar entre sus valores siguientes: Mínima de 23°C; Máxima de 32°C y la óptima de 25°C. El efecto de temperaturas bajas se manifiesta en la velocidad de crecimiento vegetativo, desarrollo de fruto y en grados de intensidad de floración (menor intensidad). Así mismo, controla la actividad de las raíces y de los brotes de la planta (PROAMAZONIA, 2004).

(Batista, 2009). Menciona que la temperatura promedio mensual para el cultivo del cacao comprende una mínima de 15°C y una máxima de 30°C. La temperatura promedio del mundo, es de 24.5°C a 25.5°C.

La temperatura es un factor ambiental que está relacionado con la fenología del cultivo, las zonas escogidas para el cultivo del cacao deben presentar una temperatura media anual alrededor de 24°C y nunca exceder de 30°C, la temperatura media diaria no debe ser inferior a 15°C. La diferencia de temperatura entre el día y la noche no debe ser inferior a 9°C (Gardini, Cernades, Arevalo, & Aguila, 2004).

3.3.3 Humedad relativa

La humedad relativa recomendable para el cultivo de cacao es de 70 a 80%. La humedad relativa tiene importancia puesto que de ella puede depender la facilidad de propagación de algunas plagas y enfermedades que atacan especialmente a las mazorcas; sin embargo, su importancia no puede ser comparada a los factores de temperatura y precipitación, pero podría ser limitante bajo condiciones especiales (Enríquez & Paredes, 1985), (Mejía & Palencia, 2000).

Menciona que en general se acepta que la humedad relativa del aire es muy importante en la regulación de evaporación del agua del suelo y la transpiración de la planta. El ambiente debe ser húmedo, el cacao no se comporta bien si la humedad relativa que rodea la planta es extremadamente baja. Una media de 70 – 80% es la más conveniente (Vera, Suarez, & Noreira, 1998).



Ing. Jaime Cosme C.
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



3.3.4 Vientos:

Menciona que durante los meses de julio y agosto se presentan aires fríos conocidos como los surazos que ocasionan grandes desequilibrios en la fisiología de las plantas de cacao, provocando el aborto de las flores y mazorcas, produciendo temperaturas debajo de los 20°C (Morera & Mora, 1993).

El origen, dirección y velocidad del viento son factores a tomar en cuenta en el establecimiento de una plantación de cacao, la velocidad del viento de 1 m/seg, no es perjudicial para el cacao, pero una velocidad superior a 4 m/seg, es perjudicial a la plantación, pues con brisas permanentes las hojas dejan de trabajar, se secan y luego mueren (Batista, 2009).

Menciona que los fuertes vientos producen la defoliación o caída prematura de hojas donde la velocidad del viento es del orden de 4 m/seg y con muy poca sombra, es frecuente observar defoliaciones fuertes. Comparativamente, en regiones con velocidades de viento del 1 a 2 m/seg (PROAMAZONIA, 2004).

3.3.5 Altitud

El cacao crece mejor en las zonas tropicales cultivándose desde el nivel del mar hasta los 800 m.s.n.m. Sin embargo, en latitudes cercanas al ecuador las plantaciones se desarrollan normalmente en mayores altitudes que van del orden de los 1.000 a 1.400 m.s.n.m. La altitud no es un factor determinante como los factores climáticos y edafológicos en una plantación de cacao (PROAMAZONIA, 2004).

El cacao se cultiva desde el nivel del mar hasta alturas considerables (1400 m.s.n.m), siendo el rango óptimo de 250-900 m.s.n.m. En este límite las plantas sufren alteraciones fisiológicas que afectan el potencial productivo (Gardini, Cernades, Arevalo, & Aguila, 2004).

En plantaciones de cacao, con un buen desarrollo productivo, entre los 0 y 1.000 m.s.n.m. a mayor altitud presenta una reducción notable en la temperatura, que afecta el crecimiento, el desarrollo de los frutos y la floración (Gómez, 2005).



Ing. Jaime C.
Técnico Inversor
de Tecnología
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal



3.3.6 Luminosidad:

(Martínez & Enríquez, 1984). Menciona que la luz es el principal factor ambiental que afecta los fenómenos fisiológicos de la planta como la transpiración o pérdida de agua. La luz es el factor importante para el desarrollo del cacao, especialmente para la función fotosintética, aunque en el cacao este proceso ocurre con baja intensidad lumínica menor del 50% limita los rendimientos, mientras que una intensidad lumínica ligeramente superior al 50% lo incrementa (Gardini, Cernades, Arevalo, & Aguila, 2004).

Menciona que en la etapa de establecimiento del cultivo de cacao es recomendable la siembra de otras plantas para hacer sombra, debido a que las plantaciones jóvenes de cacao son afectadas por la acción directa de los rayos solares y para plantaciones ya establecidas, se considera que una intensidad lumínica menor del 50% del total de luz limita los rendimientos, mientras que una intensidad superior al 50% del total de luz los aumenta (PROAMAZONIA, 2004).

3.4 Requerimientos de suelos para el cultivo del cacao

3.4.1 Suelos

Menciona que los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales de textura franco (arcilloso-arenoso o arenoso-arcilloso); se han observado una gran adaptabilidad a suelos en laderas con pendientes mayores a 25% aun con afloramiento rocoso (Gardini, Cernades, Arevalo, & Aguila, 2004).

Para (Jímenez, 1980) y (Gómez, 2005) los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales, ricos en materia orgánica, profundos, francos arcillosos, con buen drenaje y con topografía regular, mientras los suelos arenosos son poco recomendables porque no permite la retención de humedad ni disponibilidad de nutrientes, los suelos de color negruzco son los mejores puesto que están menos lixiviados.





3.4.2 PH del suelo

Es una de las características más importantes de los suelos porque contribuye a regular la velocidad de descomposición de la materia orgánica, así como la disponibilidad de los elementos nutritivos (PROAMAZONIA, 2004).

Indica que el potencial de hidrógeno requerido por el cultivo en el suelo, está comprendido entre 6 y 7 el óptimo oscila entre 6.5 a 6.8, sin embargo, puede desarrollarse en suelos de reacción muy acida con pH inferior a 5, incluso en suelos muy alcalinos superiores a pH de 8, siendo el pH óptimo de 6.5 (July, Vargas, Chávez, & Mancilla, 2008).

Indica que el cacao se desarrolla eficientemente cuando el pH se encuentra en el rango de 6.0 a 6.5; permitiendo obtener buenos rendimientos. Sin embargo, también se adaptan a rangos extremos desde los muy ácidos hasta los muy alcalinos cuyos valores oscilan entre pH 4.5 a 8.5, donde la producción es decadente o muy deficiente (Beck, 1991).

3.4.3 Topografía:

Beck (1991). Menciona que en pendientes mayores al 15% las actividades agrícolas se realizan manualmente; en tanto en pendientes menores se puede hacer uso de máquinas y la aplicación de tecnología moderna.

La topografía es otro elemento importante para el establecimiento de plantaciones de cacao, ya que una topografía accidentada impide la mecanización y la aplicación de técnicas modernas pudiéndose observar que la incidencia de la moniliasis es menor en terrenos con pendientes menores al 15% (PROAMAZONIA, 2004).

3.5 Reproducción de cacao

Indica que existe dos modelos para la producción de plantas y semillas de cacao: Reproducción sexual; reproducción asexual. La reproducción sexual tiene lugar por medio de la unión de dos individuos de géneros diferentes. En cacao el resultado del cruzamiento entre dos clones da lugar a una planta híbrida, cuyas características genéticas van a depender de transmisión de los caracteres de ambos padres. Generando una producción y manejo de mayor facilidad, pues no implica la necesidad



Ing. Jaime Cosme C.
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIA Y FORESTAL



de habilidades especiales, como es la enjertación, mientras que la producción asexual ofrece una alta confiabilidad en la autenticidad de las características genéticas que se desean multiplicar. Son de alta precocidad, buenos rendimientos y sobre todo uniformidad en las características del producto deseado (Batista, 2009).

La propagación sexual es un método en el cual se utiliza semillas botánicas para la propagación del cacao, cuando el cultivo se va a propagar por semilla, es necesario conocer las principales características de las plantas productoras de semillas con la finalidad que estas puedan crecer bien confortadas, uniformes y con alta producción, la otra propagación es la asexual que se da por medio de partes vegetativas de la planta seleccionada. No implica un cambio en la constitución genética de la nueva planta ya que todas las características de la planta madre se presentan en la nueva planta, esta puede realizarse por medio de estacas o ramillas (PROAMAZONIA, 2004).

3.6 Variedades de cacao

Indica que la evolución de las variedades de cacao ya se conocían los tipos criollos y amazónicos, luego aparecieron los trinitarios, que resultan de la combinación de criollos y amazónicos los cuales son: el cacao criollo que se encuentra en Sudamérica y Centroamérica; cacao amazónico que es seleccionado de cacaos nativos de la amazonia y cacao trinitario que apareció como resultado de cruzamientos en forma natural y controlada, es decir cruces entre criollos y amazónicos (July, 2010).

(Nosti, 1970). Menciona que el cacao tipo criollo recibió su nombre en Venezuela para diferenciar el cacao local, de alta calidad y especiales características, la piña de los criollos es grande, con cinco surcos bien señalados en el tipo pentágono; corteza delgada de superficie a veces muy rugosa; ápice apuntado y a veces curvado.

Los cacaos forasteros amazónicos producen frutos de una uniformidad de color verde es el cacao predominante en África y fue importado a Brasil. El cacao Nacional es el cultivo predominante en Ecuador y forma una especie de transición a los criollos, ya que su piña grande está más profundamente surcada, es rugosa y la base ligeramente estrangulada.

CIPCA (2007). Informa que existen tres tipos de cacao mundial, los cuales son:



Ing. Jaime Cosío
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNICA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGROPECUARIA Y FORESTAL



Cacao criollo nativo: Es el cacao genuino de México, reconocido por su calidad, árbol frágil, grano de cáscara fina y poco aromático.

Cacao forastero: Es el más cultivado en el mundo, grano de cáscara gruesa y se lo mezcla con el criollo para darle cuerpo.

Cacao híbrido (trinitario): Es un cruce entre el criollo y forastero su calidad es más próxima al forastero por su robustez.

3.7 Beneficiado del cacao

El beneficiado del cacao es el conjunto de operaciones que permiten la separación de los granos de cacao, de las mazorcas maduras, así como su fermentación y desecación. Los granos de cacao son la materia prima para la producción del chocolate (Meyer, 2002).

Indica que el beneficiado del cacao es una secuencia de actividades que se indica en la cosecha con la finalidad de obtener granos de calidad superior, con una humedad máxima de 8%, libre de impurezas, buen aroma y buena presentación externa (Gardini, Cernades, Arevalo, & Aguila, 2004).

En Bolivia el beneficiado de cacao constituye una parte fundamental para obtener una buena calidad de grano, consistiendo en una serie de etapas u operaciones que comienza con la cosecha, apertura de mazorcas para la obtención de granos; los cuales son fermentados, secados, seleccionados y clasificados (July, Vargas, Chávez, & Mancilla, 2008).

Nosti (1970), indica que el nombre de beneficiado se designa una serie de operaciones al que se somete el producto agrícola natural para convertirlo en un artículo comercializable; en el caso del cacao dichas operaciones consisten en la fermentación, secado, limpieza, selección y clasificación, junto con labores complementarias como el pulimento y abrillamiento y el antiguo terrado, como fin del beneficiado es convertir el cacao en un producto conservable, que posea las cualidades de aroma y sabor que le dan todo su valor comercial para su posterior utilización en la industrias de alimentación, grasas y farmacéuticas.

Indica que el beneficiado constituye la parte decisiva para la obtención de una buena calidad del grano, comenzando por la cosecha, apertura de mazorcas fermentación,



Ing. Jaime Sostin
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNICA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGROPECUARIA Y FORESTAL



secado, limpieza y termina con la selección; con un adecuado proceso de beneficiado se desarrolla en el grano los principios fundamentales del sabor, aroma y calidad del chocolate, lo que determina la calidad del producto final (July, 2010).

3.7.1 Procesos del beneficiado

3.7.1.1 Cosecha

En la región de alto Beni presenta un periodo principal de cosecha que comienza en el mes de abril y se prolonga hasta junio, los demás meses del año continúan de manera descendente hasta noviembre, consistiendo en recolectar las mazorcas maduras, estado que se conoce por el cambio de color hacia amarillo vistoso o anaranjado, esta operación se realiza en periodos de quince días (July, 2010).

(CIPCA, 2007). Informa que se debe cosechar solo los frutos maduros que presentan una coloración amarilla, los frutos que no alcanzan buena madurez deben dejarse para la próxima cosecha en 15 días, no se debe esperar que los frutos sobre maduren para que las semillas no germinen dentro de las mazorcas.

Indica que la cosecha es la primera etapa del beneficiado, para conseguir una buena calidad de grano, es importante que los frutos alcancen su madurez total (aproximadamente o meses después de la época de floración) los frutos semi maduros tienen el mucílago demasiado ácido para lograr una óptima fermentación, los granos pesan menos, lo cual constituye una condición indeseable en el proceso de lograr granos de calidad. (Enríquez & Paredes, 1985).

3.7.1.2 Quiebra

El desconchado es el término utilizado en la región de Alto Beni para la labor de quiebre de la mazorca, la extracción de semillas y su separación de la placenta (July, Vargas, Chávez, & Mancilla, 2008).

La segunda etapa del beneficiado es la quiebra lo que consiste en partir los frutos y extraer los granos del cacao; debe realizarse antes de los cinco días, después de la cosecha y cuanto más pronto se haga la separación de granos es más fácil (Gardini, Cernades, Arevalo, & Aguila, 2004).



Ing. Jaime Cosme G.
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



3.7.1.3 Fermentación

Menciona que la fermentación es la etapa más importante para conseguir el aroma y sabor a chocolate, que tiene por objeto matar el embrión e impedir la germinación de los granos, facilitando su conservación, desprendiendo la capa mucilaginosa que protege los granos, desencadenando modificaciones bioquímicas en el interior de los cotiledones que son él; aumento de volumen, desaparición del color púrpura a pardo (July & Vargas, 2010).

(Batista, 2009). señala que la fermentación es el proceso mediante el cual los granos son sometidos a altas temperaturas, provocadas por levaduras y bacterias que invaden el mucílago de la masa de las almendras sometidas al proceso teniendo como objetivo provocar la muerte del embrión de las almendras, eliminar el mucílago, dejando las semillas limpias, y promover la eliminación de una serie de ácidos amargos indeseables logrando así el desarrollo de las características orgánicas típicas de un buen cacao, como son el aroma, el sabor y el color.

(Nosti, 1970). Menciona que la fermentación incluye dos procesos uno externo y otro interno. El primero consiste en la descomposición aeróbica del mucílago que contiene azúcar y que rodea a los granos convirtiéndola en alcohol y bióxido de carbono por las levaduras; la fermentación interna incluye una serie de cambios por medio de los cuales los cotiledones se arrugan y alejan de la cubierta de la semilla y cambian de color.

(PROAMAZONIA, 2004). Señala que la fermentación es un proceso bioquímico interno y externo de la semilla en la que ocurren cambios notables en su estructura, consistiendo en lo siguiente:

Descomposición y remoción del mucílago azucarado que cubre el grano fresco, para facilitar el secado y la conservación o almacenamiento.

Elevar la temperatura que mata al embrión, para facilitar el desarrollo del sabor a chocolate.

Durante la fermentación en la primera fase anaeróbica hay una participación de levaduras y estas descomponen los azúcares en alcohol.



Ing. Jaime Salme Guzmán
TECNICO INVESTIGADOR Y
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORESTAL



3.7.1.4 Secado

Vasquez, Yañez, & Alvas (1987), aseguran que, el secado es una porción comestible, en este caso, sometida a un tratamiento de calor para reducir el contenido de humedad de la misma.

Sostiene que el secado es un sistema de conservación que implica la eliminación de parte o la totalidad de la humedad (agua libre o disponible) contenida en los alimentos (López, 2002).

Afirma que el secado es la preservación de alimentos a través de la remoción de agua, es probablemente una de las técnicas más antiguas que existen. En el pasado el proceso se simplificaba colocando directamente el producto al sol, esparciendo en el suelo sobre sacos, esteras de hojas de plantas e incluso directamente en el suelo desnudo (FAO, 1993).

Declara que, el principal motivo para el secado de alimentos es la conservación, aunque no el único, también se utiliza para disminuir el peso y el volumen de masa (Potter, 2007).

3.7.1.5 Secado de grano de cacao

Describe que después de la fermentación los granos deben secarse para reducir el contenido de humedad desde 50% a 60% hasta un valor menor a 8%. Durante el secado se completa la fermentación y se reduce el sabor amargo y astringente inicial, la almendra se torna de color pardo bien fermentado. Cuando no se seca oportunamente el cacao adquiere un olor y sabor desagradable (July, 2010).

Menciona que al finalizar la fermentación el contenido de humedad de los granos de cacao está alrededor del 55%. Para un almacenado con seguridad debe reducirse la humedad 7 u 8%. Por este motivo el proceso no debe ser muy rápido durante los dos primeros días, la alta temperatura puede inactivar las enzimas (PROAMAZONIA, 2004).

El ritmo de secado tiene una estrecha relación con el sabor y la calidad de los granos, si es muy lento, se originan hongos que producen malos sabores y si es muy rápido,





se interfieren cambios internos en los granos lo que puede ocasionar sabores excesivamente ácidos. El cacao adquiere un mejor color aroma y gusto cuando se seca gradualmente (Nosti, 1970).

3.7.2 Métodos de secado

Meyer (2002), sostiene que, existen dos métodos de secado: el secado natural que consiste en un secado directo al sol donde se requiere de un clima de temperatura relativamente elevada y baja humedad el otro método artificial requiere de una deshidratación con calor artificial como hornos, armarios estufas u otros que proporcionen temperaturas regulables y buena ventilación.

July (2010), indica que en Alto Beni existe dos métodos para secar el grano de cacao, los cuales son: secado al sol y por medio de secadoras artificiales, en el secado al sol este es un método natural, el más utilizado por los productores, consistiendo en extender el cacao fermentado en esteras, este debe removerse cada 2 a 3 horas en el primer día y un poco más espaciado en los días siguientes.

El mismo autor menciona que el secado artificial es utilizado en épocas de lluvia, este secado debe durar más de 24 horas para que concluya la fermentación del grano, en este proceso se debe tener cuidado con la contaminación y mantener la calidad, limpiándose después de cada uso para evitar presencia de microorganismos.

Batista (2009), menciona que el secado al aire es un sistema práctico común por la mayoría de los pequeños productores que consiste en poner a secar el grano cacao no ofrece ninguna protección en el momento de una lluvia. Además, el secado no es uniforme, provocando defectos comerciales, para lograr una buena aireación e uniformidad en este tipo de secado es necesario mantener remociones cada media hora.

En caso que el secado sea solar dura de 5 a 7 días, esto dependerá de las condiciones atmosféricas para deshidratar los granos, otro método es secar el cacao en el suelo, ya sea en pisos de concreto o sobre mantas de plásticos, la desventaja de este método radica que primero se evapora la humedad del suelo y luego los granos de cacao, también podrá secarse el cacao artificialmente, cuyo caso deberá prepararse para que el grano no adquiera el olor a humo (PROAMAZONIA, 2004).



Ing. Jaime Cosme
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



3.7.3 Proceso de secado

Indica que el proceso de secado de cualquier producto consta de dos etapas: La primera es la introducción de calor al producto, y la segunda, es la extracción de la humedad del producto (Potter, 2007).

El mismo autor, advierte que, en el proceso de secado, cuanto más seco esté el aire, mayor será la velocidad de secado, el aire seco tiene el poder de absorber y retener mayor humedad.

Explican que, no siempre resulta fácil determinar cuándo ha concluido el proceso de secado, en general es preferible correr el riesgo de un secado excesivo, más bien, que deteriorar el alimento con un exceso de contenido acuoso (Mohammed & Jackson, 1969).

Indica que para evaluar el progreso del secado se utiliza el índice de reducción, éste es el factor entre el cual se divide el peso inicial de la materia prima, con el peso final, para obtener el peso del producto deshidratado (Meyer, 2002).

Menciona que el proceso de secado no constituye una simple reducción de humedad, sino que los cambios bioquímicos continúan en una fase aeróbica mientras el contenido de humedad va reduciendo con lentitud hasta un punto que impide que prosiga la actividad enzimática (PROAMAZONIA, 2004).

3.7.4 Condiciones para el secado

MALLA MILIMÉTRICA

Mallas mosquiteras plásticas verdes, 30 m fabricadas en polietileno de alta densidad máxima resistencia a la corrosión y rayos UV (Truper, 2019).

- Tejido más grueso, con orillas reforzadas.
- Prácticas y fáciles de manejar.
- Previenen la entrada de insectos y mantienen los espacios frescos y ventilados.

MALLA SARAM O SEMI SOMBRA

Las mallas de sombreo son un geotextil formado por bandas de rafia de polietileno de alta densidad y monofilamento de PE. Está estabilizada a los rayos UV y es imputrescible. Disminuye la insolación y la cantidad de luz del sol (Jardinday, 2021).



Ing. Jaime Costme
Técnico Investigador
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal



MALLA DIAMANTE

Diseñada para el secado óptimo y homogéneo del grano de cacao y café, brinda protección anti-UV, resistencia a la humedad, evita la contaminación por contacto con el suelo y no afecta las propiedades organolépticas del grano (Globalpa SAC, 2020).

- Brinda secado homogéneo.
- Mejora los niveles de salubridad.
- Resistencia a la humedad.
- Su uso evita la contaminación por contacto con el suelo.
- Filtrar sólidos y polvos.
- El grano está protegido frente a animales rastreros.
- La malla diamante no afecta las propiedades organolépticas del grano.
- Resistencia a ácidos fuertes, soda cáustica, hidróxido de potasio, carbonato de sodio, hidróxido de amonio, además de detergentes, alcoholes, sales, aceites, etc.
- Posee filtros UV.

3.8 Aire y Temperatura:

Treybal (2001), explica que las muestras deben tener las condiciones más homogéneas posibles entre sí, en cuanto a aireación, transferencia de calor y espesor de la muestra para obtener un buen producto de secado.

Ibarz & Barbor (1997), explican que, para favorecer la evaporación, debe reemplazarse el aire saturado por aire no saturado, cuanto más rápida sea la renovación de dicho aire tanto más será la evaporación.

Potter (2007), asegura que, cuanto mayor sea la temperatura del medio de calentamiento, mayor será la transmisión de calor al alimento, para la eliminación de humedad.

Afirma el mismo autor, que cuanto más seco está el aire, mayor será la velocidad de secado y que, ésta sequedad del aire determinará hasta qué punto se puede bajar el contenido de humedad del alimento que se está deshidratando.



Ing. Jaime Cosme
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA Y FORESTAL



3.8.1 Humedad:

Potter (2007), explica que, la temperatura cumple una función doble al aumentar y producir la deshidratación, ésta deshidratación a su vez, satura el aire de humedad, además de recoger la humedad, el aire, la barre a la superficie del alimento, proveyendo la creación de una atmósfera saturada.

Mejia&Palencia (2000), mencionan que la humedad es muy importante en la regulación de la evaporación puesto que con ella dependerá de la propagación de moho en el secado.

3.8.2 Actividad de Agua

Maiztegui & Sabato (1973). Menciona, que es un parámetro importante en la conservación de alimentos, actúa como un indicador en la proliferación de bacterias y hongos, el contenido de humedad en equilibrio puede ser encontrado mediante la humedad relativa del aire alrededor de la muestra, después de alcanzar un equilibrio en la humedad y temperatura.

3.8.3 Convección

Maiztegui & Sabato (1973). Explican que es una de las tres formas de transferencia de calor y se caracteriza porque se produce por intermedio de un fluido que transporta el calor entre zonas con diferentes temperaturas. En la transferencia de calor libre o natural un fluido es más caliente o más frío y en contacto con una superficie sólida causa una circulación debido a las diferencias de densidades que resultan del gradiente de temperaturas en un fluido.

3.9 Clasificación y Selección de grano

La selección es una actividad que sirve para clasificar los granos de acuerdo a la calidad que pide el mercado. Para esta selección podemos usar una zarandas que nos ayude a eliminar rastrojos, cáscaras, granos quebrados, picados, mohosos y pequeños (Prado & Alonso, 2006).

Terminado el secado es conveniente limpiar el producto de impurezas a fin de obtener un producto de mejor valor comercial, el tamaño mínimo permitido del grano (calibre) de un gramo por grano. Por esta razón es importante realizar una adecuada selección



Ing. Jaime Coque Gutierrez
TECNICO INVESTIGADOR Y TR
DE TECNOLOGIA C
INSTITUTO NACIONAL DE I
AGROPECUARIA Y FORES



del grano de cacao utilizando para ello zarandas construidas de mallas con medidas de orificio de un cm² que permita pasar los granos más pequeños y retener los de mayor calibre. La selección del grano también nos permite eliminar todo tipo de impurezas como: placentas, pajillas, granos picados, granos dobles; defectos que no están permitidos en el comercio del grano (PROAMAZONIA, 2004).

Menciona que los granos secos se deben seleccionar para eliminar la tierra partículas granos quebrados, haciendo en tres pasos: los granos pasan a través de una cámara de aires donde la corriente del aire se lleva las basuras; enseguida se les ponen zarandas de suficiente tamaño para retener los granos enteros y finalmente se extiende sobre mesas donde los trozos de materia extraña se eliminan a mano (Nosti, 1970).

Posteriormente al secado, se debe realizar la selección de granos, consistiendo en la eliminación de granos mohosos, pizarrosos, pegados, germinados y atrofiados; luego se procede al almacenamiento en sacos de yute (ICT, 2003).

3.9.1 Calidad

FAO (1993), define la calidad como un conjunto de atributos o características que identifican la naturaleza de un determinado bien o servicio. Esto significa que la calidad no es sinónimo de buena calidad, sino un concepto interno que produzca bienes aceptables para los consumidores, es decir, que tengan la demanda que se espera. (Mohammed & Jackson, 1969). Aclaran que, una vez completado el secado, los productos deben ser seleccionados, ya sea en bandejas o sobre mesas, a fin de descartar las materias extrañas y los productos cuyo color no es satisfactorio, los productos de mala calidad debido a su escaso colorido y a su mala apariencia deben envasarse separadamente como productos de segunda clase y no deben mezclarse con los productos de mejor calidad.

Los mismos autores añaden que, para obtener productos acabados de buena calidad preciso mejorar considerablemente los métodos tradicionales de secado al sol, proceder cuidadosamente y prestar la máxima atención a los diversos detalles de la operación.

INIAF
Visto
Jesús Villi
Dorinda
Gutiérrez
INIAF
Dra. Cosme Guib
INIAF INVESTIGADOR Y T
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORE



Según Ghezán (1997), la cuestión de calidad y seguridad de los alimentos, viene provocando en los países desarrollados una gran cantidad de normas y reglamentaciones sobre aspectos de la producción, comercialización e información al consumidor, los productos procesados son asociados a menor riesgo de contaminación y a mayor calidad nutricional.

El mismo autor añade, que el consumidor, tiene una imagen sobre la calidad y valor nutricional de los alimentos, constituido por un conjunto de características: vitamínica, dietética, sabor, aroma y presentación que condicionan la demanda de los consumidores.

3.9.2 Calidad del grano de Cacao

PROAMAZONIA (2004), indica que la calidad del grano de cacao está directamente relacionado con un adecuado proceso de fermentación y secado.

Las principales características requeridas por la industria, son los siguientes:

- Fermentación más de 70%.
- Humedad menos de 8%
- Granos violetas menores al 20%
- Granos pizarroso menor al 10%
- Defectos menores al 10%

La calidad de grano de cacao, está en función al proceso de cada una de las etapas del beneficiado, si este es bueno se obtiene un cacao rico en materias grasas y libre de granos defectuosos (ICT, 2003).

Tabla 2 Defectos comunes de granos de cacao comercial

Origen del defecto	Tipo de granos
Cultivo	Granos negros, germinados y granos múltiples.
Fermentación	Granos pizarrosos, granos con olor atípico.
Secado	Granos secados con exceso, granos húmedos y granos con moho.
Almacenamiento	Granos apolillados

Fuente: (July, 2010).



INIAF
Jesús Wilfredo
Quintero
Gutiérrez
INIAF
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal



July & Vargas (2010), describe que los granos deben separarse por tamaño de las diferentes calidades, estos se hacen con ayuda de zarandas, que es una herramienta que clasifica los granos por tamaño de primera y de segunda. Las calidades que maneja la Central de Cooperativa El Ceibo es el siguiente:

Cacao Biológico: Se produce bajo normas de calidad y un contrato de certificación orgánica. El manejo se verifica mediante la inspección de los cacaotales, la renovación del contrato de cacao biológico se realiza cada año por inspectores internos.

Cacao seleccionado: Es producido sin un control del cacaotal y no tiene contrato.

En ambos casos la selección y clasificación se realiza separando:

Los gramos de primera calidad son los de mayor tamaño, 100 granos pesan entre 115 y 130 gramos.

Los gramos de segunda calidad tienen un menor tamaño, 100 granos pesan hasta 115 gramos.

Los granos planos no son adecuados para el proceso de la industria.

El mismo autor añade, que la demanda de granos de calidad por parte de las industrias aunado al desconocimiento de los agricultores en prácticas de beneficio plantea la necesidad de capacitar a estos últimos en técnicas básicas que les permitan obtener un producto de buena calidad que satisfagan los requerimientos exigidos por los compradores. Granos mal fermentados, humedad elevada, mezcla de almendras sanas y enfermas con demasiadas impurezas son factores negativos que afectan la calidad.

Tabla 3 Normas de calidad del CEIBO para grano de cacao.

Calidad Características	Primera BIO. I y SEL. I	Segunda BIO.II y SEL. II
Bien fermentado	Mínimo 85%	Mínimo 85%
Falta Fermentar	Máximo 15%	Máximo 15%
Mal fermentado	Máximo 3%	Máximo 3%
Sobre fermentado	Máximo 3%	Máximo 3%
Con moho	Máximo 2%	Máximo 2%
Con polilla y germinado	Máximo 2%	Máximo 3%
Pepas planas y quebradas	Máximo 1%	Máximo 2%



...ime Cosme Guzmán
...ICO INVESTIGADOR Y TRA
...DE TECNOLOGIA AG
...TITUTO NACIONAL DE IN
...OPECUARIA Y FOREST



Peso de 100 granos de cacao híbrido (criollo)	Mínimo 115 gr	Mínimo 105 gr
Peso de 100 granos de cacao nacional (criollo)	Mínimo 90 gr	Mínimo 85 gr
Humedad de semillas	Máximo 7%	Mínimo 7%
Tolerancia	7.1 a 7.5 %	7.1 a 7.5%

Fuente: (El Ceibo).

Batista (2009), indica que para determinar la calidad del cacao, se procede a realizar cataciones mediante pruebas de sabor y aroma, lo cual normalmente para ser agradables y de buena aceptación debe tener sabor a frutas, nueces, malta o un aroma floral. La calidad también es determinada en los laboratorios, buscando la relación teobromina-cafeína que sea menor a 6. Mientras menor es la relación, mejor es la calidad, pues todo indica que el contenido de cafeína es alto.

3.9.3 Características que deben cumplir los granos de cacao:

Gardini et al (2004), señalan que el grano fermentado adecuadamente es aquel proceso de fermentación que ha sido completo, presentando tegumentos de color marrón, cascara que se desprende fácilmente, mientras que el grano seco es aquel grano que ha sido secado de modo uniforme y el grano defectuoso se presenta en varias formas y son las siguientes:

Tabla 4 Tipos de granos defectuosos.

Grano defectuoso	Descripción
Grano mohoso	Granos que presentan moho a simple vista.
Grano pizarroso	Grano con color pizarroso.
Grano violeta	Grano que presenta un color violáceo cuando se le hace un corte longitudinal.
Grano con moho	Grano que presenta daño provocado por insectos
Grano germinado	Grano cuya cascara ha sido perforada y rajada por el crecimiento del germen de semilla.
Grano multiplex	Granos unidos por una de sus caras.
Grano atrofiado	Grano cuyos cotiledones han quedado demasiado delgados.
Grano partido	Grano roto o fragmentado.

Fuente: Gardini, et al (2004).



Ing. Cosme Gutiérrez
Técnico Investigador y Transferencia de Tecnología
Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal



Tabla 5 Características físicas del grano de cacao.

CACAO DE BUENA CALIDAD	CACAO DE MALA CALIDAD
Debe tener un buen tamaño	Los granos pequeños y ovalados no son tomados en cuenta.
La forma de granos hinchados y rellenos	Forma de granos planos y arrugados
El color externo canela o pardo rojizo. El color interno marrón	El color externo es pardo claro o blanquecino. El color interno es violeta.
Textura Quebradiza	Textura Compacta
No presenta grano quebrados tiene una cutícula intacta que impiden el ataque de hongos e insectos	Granos unidos, germinados, partidos favorecen el ataque de hongos e insectos
La cáscara se desprende fácilmente	La cáscara se desprende difícilmente
Aroma agradable	Aroma desagradable

Fuente: (Batista, 2009).

July (2010), señala que el grano de cacao bien fermentado en la parte interna debe presentar un color café a castaño pálido, una textura quebradiza y la testa no debe estar adherida a los cotiledones, por otro lado, el grano mal fermentado presenta color pizarroso o violeta, poseyendo una textura compacta y hongos en su interior que penetra por orificios y heridas. El mismo autor indica los aspectos externos del grano debe tener un buen tamaño entre 0.5 a 1 gramo y si se trata de cacao híbrido debe pesar más de un gramo la forma del grano es redondeada y rellena el color varía de un rojo pardo oscuro y brillante el aroma es agradable no presenta granos quebradizos o germinados la cáscara se desprende fácilmente.

3.9.4 Prueba de calidad:

Gardini et al (2004), señala que para determinar la calidad del cacao se realiza pruebas como: La prueba corte, que consiste en verificar la parte interna del grano, cortando longitudinalmente, otra prueba es por catación, observando el color, el olor y el tamaño. También se puede realizar análisis de laboratorio.



Ing. Inma Cosme C.
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORESTAL



Tabla 6 Composición de la pulpa de cacao.

Agua	85%
Proteínas	0,6%
Azúcares, almidón, mucílago	4%
Grasas	0.4%
Celulosas	9%
Taninos	0.1%
Cenizas	1.1%

Fuente: (Nosti, 1970).

3.9.5 Normas de calidad y especificaciones

Las características del cacao de primera calidad, en las que el agricultor o agrónomo puede influir favorablemente (Naturland, 2000), son las siguientes:

- Mínimo 70% de almendras bien fermentadas.
- Humedad menos de 8%.
- No causará ningún olor atípico como a mohos o humo.

En el cacao de primera calidad se suele tolerar:

- Máximo 3% de almendras de cacao con mohos visibles.
- Máximo 3% de almendras sin fermentar.
- Máximo 3% de almendras con plagas, germinadas o muy pequeñas.

En el cacao de segunda calidad se tolera:

- 5% de almendras con mohos visibles.
- 5% de almendras sin fermentar.
- 5% de almendras con plagas, germinadas o muy pequeñas.

La calidad se determina mediante la llamada prueba de corte. Se toma una muestra de 300 almendras de cacao, cada una se divide en dos mitades cortadas a lo largo, luego las almendras se clasifican según criterios mencionados.

Se pretenderá obtener granos que tengan un peso mínimo de 1 g, en lo posible con un mínimo de cáscara y un máximo de grasa de cacao. Estos tamaños dependen no sólo de la variedad sino también de los suelos y las condiciones climáticas. En el cuadro siguiente aparecen datos de diversos países productores, se puede ver el peso promedio de las pepas, el porcentaje de cáscara y grasa de cacao:



Ing. Jaime Cosma
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGROPECUARIA Y FORESTAL



Tabla 7 Normas de calidad de otros países.

País de origen	100 Peso de la pepa	Cáscara y germen en %	Contenido de grasa en %
ÁFRICA			
Ghana	105,8	13,3	56,9
Nigeria	113,8	12,3	57,3
Costa de Marfil	112,8	12,6	58,2
Camerún	101,8	12,9	56,3
AMÉRICA LATINA			
Brasil	104.0	15.3	56.5
Ecuador	129.0	14.2	53.4
Trinidad	105.7	17.3	56.7
México	113.4	9.0	53.2
Granadina	97.9	16.6	56.7
ASIA			
Nueva Guinea	120.4	16.4	56.9
Indonesia	0.3	9.9	53.6

Fuente: Asociación Naturland, 2000.

3.9.6 Almacenamiento

July (2010), señala que el almacenamiento prolongado bajo condiciones húmedas puede originar ataque de hongos, razón por la cual en zonas tropicales pueden almacenar máximo 30 días, se debe almacenar el cacao bien seco, no envasarse cuando esté caliente o recogido de la secadora. El depósito debe tener el piso de cemento, tarima de madera, las puertas y ventanas deben tener ventilación.

El grano de cacao seco es altamente higroscópico (absorbe la humedad con rapidez), es por eso que se debe secar los granos cada cierto tiempo para evitar la infestación de mohos e insectos (ICT, 2003).



Ing. Anne Cosme Gutierrez
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



(Prado & Alonso, 2006). Mencionan que después del secado del cacao, es necesario que lo almacenemos o guardemos en condiciones adecuadas para conservar su calidad y evitar perder todo el producto.

PROAMAZONIA (2004), señala que los granos se envasan en costales de yute y si todavía están calientes, se deja enfriar. El ambiente donde se va almacenar debe estar exento de olores extraños como los provenientes de pesticidas, alimentos, etc. Se debe evitar del todo la contaminación ya que el cacao es altamente higroscópico, es decir absorbe la humedad con suma rapidez, si se almacenan los granos con menos de 8% de humedad, pueden mantenerse en buen estado por unos cinco meses, en medios menores de 75% de humedad relativa.

El cacao almacenado en zonas tropicales está propenso a ser atacado por hongos e insectos si no se toman especiales cuidados, el almacenamiento prolongado puede ocasionar un incremento en los niveles de ácidos grasos libres, lo cual deteriora la calidad. La bodega debe tener piso de cemento y paredes de ladrillo, también debe tener suficiente ventilación, los sacos se deben arrumar sobre estibas de 5 – 10 cm de alto, dejando espacios amplios para la inspección de sacos (Compañía Nacional de Chocolates S.A. 1988).

4 LOCALIZACIÓN

4.1 Ubicación Geográfica

La siguiente investigación se realizó en el Distrito 1, Comunidad de San Antonio perteneciente al Municipio Alto Beni. Geográficamente se encuentra en los paralelos 15°33' y 15°46' Latitud de Sur y 66°57' y 67°20' Longitud Oeste, con una Altura de 566 msnm, Precipitación promedio 1800 mm y una Temperatura de media de 26°C (FiBL, 2018).

4.1.1 Ubicación del ensayo

La investigación se llevó cabo en el Municipio de Alto Beni – Distrito 1 – Comunidad San Antonio, en la Parcela Agrícola # 136, perteneciente al productor Gabriel Ramírez Vilca. CI. 6002300 LP, con una producción anual de 340qq de 9 hectáreas de





producción afiliado a la Cooperativa SAJAMA. Geográficamente se encuentra en los paralelos 15°64'9,25" Latitud de Sur y 67°19'0,21" Longitud Oeste, con una Altura de 566 msnm, Precipitación promedio 1800 mm y una Temperatura de media de 26°C.

Figura 1 Ubicación Geográfica de la Localidad de San Antonio



Fuente: (Google earth, 2012).

Tabla 8 Localización del estudio

Cultivo	Ensayo	Dpto.	Provincia	Municipio	Sitio ensayo
Cacao	Efecto de tres tipos de secadoras en mejora de la calidad del grano de cacao	La Paz	Sud Yungas	Alto Beni	San Antonio



Ing. Jaime Cosme
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y



4.2 Fisiografía

Está constituido por un valle profundo, Alto Beni es relativamente ondulada, cuya pendiente va decreciendo de Sud Oeste hacia el Norte Este, con valles que varían entre 300 y 1400 metros de altura, la zona de influencia cuenta con diversas subregiones. Las pendientes varían desde 0% de inclinación (cerca al río) a 71% parcelas muy inclinadas (lejanas al río), donde las características de suelo, clima y precipitación varían grandemente (SENAMHI 2007 y CUMAT/COTESU, 1985).

Alto Beni se puede separar en llanuras aluviales de diferente edad (reciente, sub reciente y antigua), pie de monte (colinas bajas y colinas altas); en la llanura reciente, orillas de los ríos, están sujetos a inundaciones y tienen una topografía casi plana; la llanura sub – reciente ubicada en una posición más elevada que la llanura reciente, los terrenos son planos y sin riesgos de inundación; en la llanura antigua los terrenos son planos y sin riesgos de inundación en las colinas bajas las pendientes varían entre 2 – 60% y por último las colinas altas que varían entre 8 – 50% de pendiente, los suelos profundos (Somarriba, et al. 2002).

4.3 Topografía

La región de Alto Beni, es una zona caracterizada por una topografía ondulada a muy ondulada, con colinas y valles que varían entre 300 y 1400 m de altura, a medida que se van alejando del río se incrementan las pendientes y se pueden evidenciar cambios climáticos, las pendientes pueden variar desde 0% de inclinación (cercanas al río) a 71% parcelas muy inclinadas (lejanas al río) (SENAMHI 2007 y CUMAT/CUTESU 1985).

4.4. Vegetación

Somarriba, et al. (2002). Señala que la vegetación del Alto Beni, se concentra la producción de cacao, es un bosque alto (30 – 40 m). Las especies más extendidas pertenecen a los géneros *Aspidosperma*, *Brosimum*, *Erythrina*, etc., el bosque ha desaparecido de la mayoría de las comunidades, quedando apenas 1 – 20 árboles/ha en campo agrícolas (Ajipa, Cedrillo, Laurel, Madera Blanca, etc.



Ing. Jaime Cosme Gutierrez
TECNICO INVESTIGADOR Y
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORESTAL



La vegetación varía según el piso altitudinal, donde la parte baja va desde los 300 a 500 m.s.n.m. donde se desarrolla un bosque, susceptible a inundaciones, con especies tolerantes a este efecto, arboles de 40 m de altura y 150 cm de diámetro, con aletones grandes, las familias más representativas son: Moraceae, Bonbaceae, Aricaceae. En la parte alta de 500 a 600 m.s.n.m. Se presenta un bosque submontano, en el cual domina una vegetación típica con árboles de la familia Leguminosae (CUMAT/COTESU, 1985 y PIAF, 2003).

En el mismo documento se indica que el bosque montañoso a los 600 m.s.n.m. es húmedo, con árboles de 35 m de altura y 100 cm de diámetro sin aletones. Por encima de los 1000 m.s.n.m. Se presentan bosques montanos muy húmedos hasta nublados con precipitaciones mayores a 2000 mm la vegetación predominante son los helechos arbóreos.

4.4 Suelos

Según los estudios realizados por CUMAT (Capacidad de Uso Mayor de la tierra) los suelos de Alto Beni presentan, al menos en la parte, características aceptables de fertilidad para uso agrícola extensivo. Sin embargo, son suelos muy delicados y susceptibles a una rápida erosión a causa de las excesivas pendientes que presenta su topografía y por la capa muy delgada de tierra fértil que tiene (CUMAT/COTESU 1985).

Somarriba, et al. (2002). Presenta una breve descripción de las principales características de los suelos; en la llanura reciente los suelos (Entisoles) son aluviales, con una topografía casi plana, son profundos con varias capas de diferente textura, color y espesor; en la llanura sub – reciente los suelos son profundos, moderadamente bien drenados textura como franco arcillo limosa, permeabilidad moderadamente bien drenados textura como franco arcillo limosa permeabilidad moderada; en la llanura antigua los suelos son de textura franco a franco limoso, hasta 35 cm de profundidad; en las colinas bajas los suelos se originan de areniscas calcáreas, son profundos, textura superficial (30 cm), coloración excepcionalmente rojiza y en las colinas altas los suelos son profundos, textura superficial franco o franco arenoso de color pardo oscuro a pardo amarillento.



Ing. Jaime Cosme Gutierrez
TECNICO INVESTIGADOR Y T.
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORESTAL



5 MATERIALES Y MÉTODO

5.1 Materiales

5.1.1 *Materiales de campo*

- Tijeras de podar y cosechar cacao.
- Machete.
- Valdés de 20Lt
- Bolsas de yute.
- Bolsas de plástico.
- Cajas modificadas de fermentación de granos de cacao.
- Palas de madera (para el volteo).
- Marco de secadoras de cacao (milimétrica, Saram y Diamantada)
- Cámara digital.
- Temperature and Humidity Datalogger (registrador de datos de temperatura y humedad DT-172).
- Mini Crane Scale (Escala Mini Grúa MNCS-M).
- Smart Mixture Meter (Medidor de Humedad inteligente TG pro).
- Planillas de campo.

5.1.2 *Material de escritorio*

- Laptop.
- Bolígrafo.
- Hoja bon.
- Cuaderno.
- Impresora.
- Fotocopiadora.

5.2 Material biológico:

Para el siguiente trabajo de investigación se utilizó como material genético la variedad híbrida IV-41:



Ing. Jaime Cosma
Técnico Investigador
de Tecnología
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal



Tabla 9 Características Genotipo Local (IV-41)

SELECCIÓN LOCAL EL CEIBO	LOCALIZACIÓN
IV 41	San Antonio – área IV
Color de la mazorca inmaduro	Roja
Tamaño de la mazorca	Intermedio
Forma de mazorca	Elíptica
Longitud y Diámetro	17.36 y 6.72 Cm.
Grosor de la casara	Delgada (0.78 Cm.)
Grado de rugosidad	Rugoso
Profundidad de los surcos	Intermedios
Índice de mazorca	19mazorcas/Kg.
Índice de semilla	1.33 gr.
Promedio de número de semillas	42 semillas/mazorca
Rendimiento (Kg/ha/año)	3,20
Compatibilidad genética	Auto Compatible
Longitud y Diámetro de la semilla	1.90 y 0.70 cm
Reacción a enfermedades	Moderadamente Susceptible Moniliasis
Distancia de siembra recomendada	4 x 4 Mts.
Comportamiento en las áreas de Alto Beni	I, IIa, IIb, III, IV, V, VI y VII
Producción	Tempranera marzo a mayo
Altitud	450 a 600 msnm.

6 METODOLOGÍA

6.1 Diseño Metodológico

El diseño metodológico se resume en el cuadro N ° 9.

Objetivos Específicos	Acciones	Marco Teórico	Tema Específico
Establecer condiciones de secado en los tres tipos de secadoras	Se instalaron las mesas con las siguientes mallas: Milimétrica, Saram o semi sombra, Diamante.	Condiciones para el secado: Descripción de las diferentes mallas utilizadas.	Ordenar las secadoras por tratamientos correspondiente al diseño experimental.



Ing. Jaime Cosme Gu
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIA Y FORESTAL



Evaluar el efecto de 3 tipos de secado en las características físicas, químicas y organolépticas de los granos de cacao.	Medir el porcentaje de humedad y peso que poseen los granos de cacao después del proceso de secado en las tres secadoras.	Máxima humedad permisible que deben poseer los granos de cacao de acuerdo a normas estandarizadas para el almacenamiento.	Analizar la variable de humedad y pérdida de peso de los granos de cacao que se presentan en las secadoras: malla milimétrica, saram y diamante.
Determinar el efecto de la humedad y el peso del grano en los tres tipos de secado.	Medir la pérdida de humedad y pérdida de peso diario de los granos de cacao.	Indica que la calidad del grano de cacao está directamente relacionado con un adecuado proceso de fermentación y secado.	Beneficiado de cacao
Determinar la calidad del grano de cacao en los tres tipos de secados.	Observar las características físicas y humedad de granos de cacao comparándolas con normas estandarizadas de comercialización.	Importancia de la apariencia de los granos del cacao en el proceso de beneficiado de cacao. Normas técnicas de comercialización.	Beneficiado de cacao.
Establecer los costos operativos de las diferentes técnicas de secado del grano de cacao.	Presupuestar los costos del beneficiario.	Milimétrica Rollo de 4x50m = 550bs. Saram Rollo de 4x50m = 800bs. Diamante rollo 2x30m = 2200bs	Establecer costo beneficio de las diferentes técnicas de secados.

6.1.1 Método de Investigación

El método utilizado en la investigación fue deductivo, donde se recopiló información básica del proceso de secado que se desarrolló en el beneficiado del cacao, para luego analizar los efectos que causan las variables de estudio en el beneficiado de los granos de cacao que se producen en la localidad de San Antonio – Alto Beni, La Paz Bolivia. Por tanto, la investigación se desarrolló de lo general a lo específico.





6.1.2 Tipo de Estudio

El tipo de estudio es descriptivo, explicativo y exploratorio, ya que la investigación realiza un estudio descriptivo al fundamentar las investigación sobre el beneficiado de cacao de diferentes países productores de cacao, los estudios realizados proporcionan información para llevar a cabo estudios explicativos que generan un sentido de entendimiento y son altamente estructurados, donde a partir de lo explicativo es posible determinar el costo que implica el trabajar con secadoras de diferentes mallas: Milimétrica. Saram o semi sombra, Diamante.

6.1.3 Diseño de la Investigación:

Tabla 10 Diseño de la Investigación.

Tipo de Estudio	Hipótesis	Diseño	Método
Exploratorio	Analizar el proceso de beneficiado de los granos de cacao, realizado en otros países productores del alimento en cuestión.	Transversal	Cualitativo
Descriptivo	Se plantean los objetivos para demostrar el objetivo general	Pre-experimental Transversal	Cuantitativo Cualitativo
Explicativo	Se identifica la diferencia que existe entre las variables de estudio y cómo estas afectan al proceso de secado	Experimental	Cuantitativo



Ing. Jaime Costilla
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA Y FORESTAL



6.1.4 Diseño experimental:

Para poder evaluar el efecto en la calidad del grano de cacao, se emplea el diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones teniendo un total de 16 unidades experimentales.

6.1.5 Modelo Estadístico:

Modelo Lineal Aditivo que define a un diseño de completamente aleatorizado es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

En donde:

Y_{ij} Variable respuesta observada con el tratamiento i en la repetición j .

μ Efecto de la media general.

t_i Efecto del tratamiento i ; $i=1,2,\dots,t$.

ε_{ij} Efecto del error asociado al tratamiento i a la repetición j .

6.1.6 Tratamientos, unidad experimental

El tamaño de la muestra está representado por 112 kg de granos de cacao fermentado distribuidos de a 7 kg por cada una de las 16 unidades experimentales para depositar en las diferentes secadoras (Malla milimétrica, Saram, Diamantada).

Tabla 11 Tratamientos.

TRATAMIENTOS	TIPOS DE SECADORA
T0 (Testigo)	Secadora Corredizo con tarima madera
T1	Secadora con malla milimétrica
T2	Secadora con malla Saram
T3	Secadora con madera Diamantada



Ing. Juan Cosme G.
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGROPECUARIA Y FORESTAL



6.1.7 Croquis de ubicación diseño experimental

1 {

T1R2	T2R2	T3R2	T1R4	T2R4	T3R4	T0R2	T0R4
T1R1	T2R1	T3R1	T1R3	T2R3	T3R3	T0R1	T0R3

6.2 Variables de estudio

6.2.1 Variables Independientes

- Humedad de los granos
- peso de los granos
- Tiempo de secado de los granos
- Tamaño de los granos
- Forma de los granos
- Coloración de los granos
- Textura de los granos

6.2.2 Variable Dependiente:

- Calidad de granos de cacao

6.3 Recolección datos de campo:

Para la recolección de datos se siguió de cerca el proceso de beneficiado del cacao, las siguientes operaciones a seguir se presenta a continuación:

6.3.1 Cosecha de cacao:

Se llevó a cabo cuando las mazorcas de cacao alcanzaron su madurez fisiológica, así como el color y el tamaño que son un indicador visual en el momento de la cosecha. La recolección se realizó de forma manual con tijeras de podas, debes ser muy cuidadoso, esto se debe a que las mazorcas de cacao crecen con flores fertilizadas, y las flores de cacao tienden a agruparse en lo que llamamos una almohada floral.

Donde una mazorca ha crecido, esa es el área donde se desarrollará la nueva floración el próximo año. Entonces, si cortas y lastimas esa área, creas una herida y el árbol evitará florecer allí, lo que implicaría una disminución en la productividad





Figura 2 Cosecha de cacao. a) Planta de cacao. b) Recolección de mazorcas.



a)

b)

Figura 3 Cosecha de cacao. c) almohada floral. d) corte correspondiente.



c)

d)

6.3.2 Quiebra de mazorcas de cacao

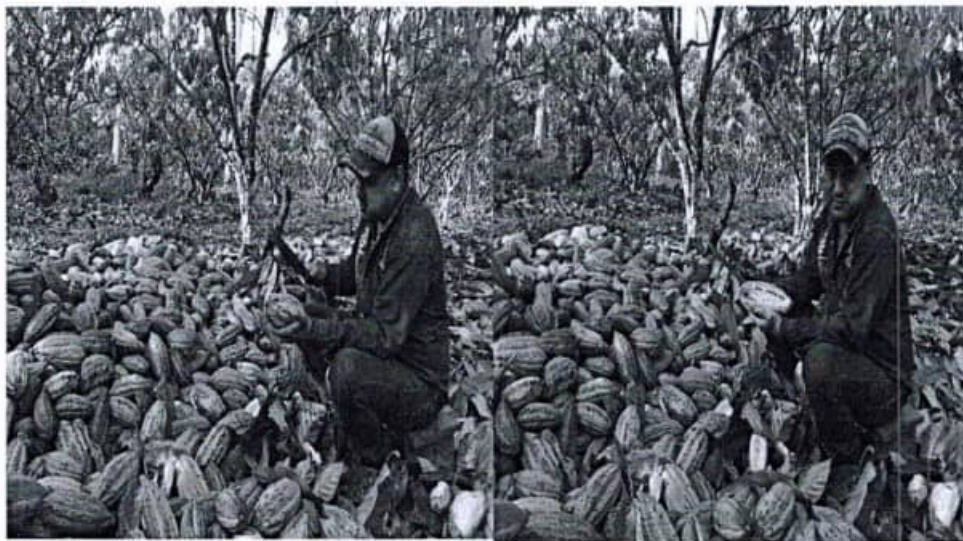
Esta actividad se realizó para iniciar previamente la fermentación, labor que consistió partir las mazorcas, para sacar los granos y separarlas de la placenta se puso en un recipiente de plástico, se retiró fragmentos de cáscara y otra impureza para tener una uniformidad cuidando la calidad de los granos.



Ing. Jaime Cosme G.
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIA Y FORESTAL



Figura 4 Quiebra de mazorca. a) desconchado. d) corte correspondiente



a)

b)

Figura 5 Mazorca desconchada. d) extracción de los granos.



c)

d)

6.3.3 Fermentación

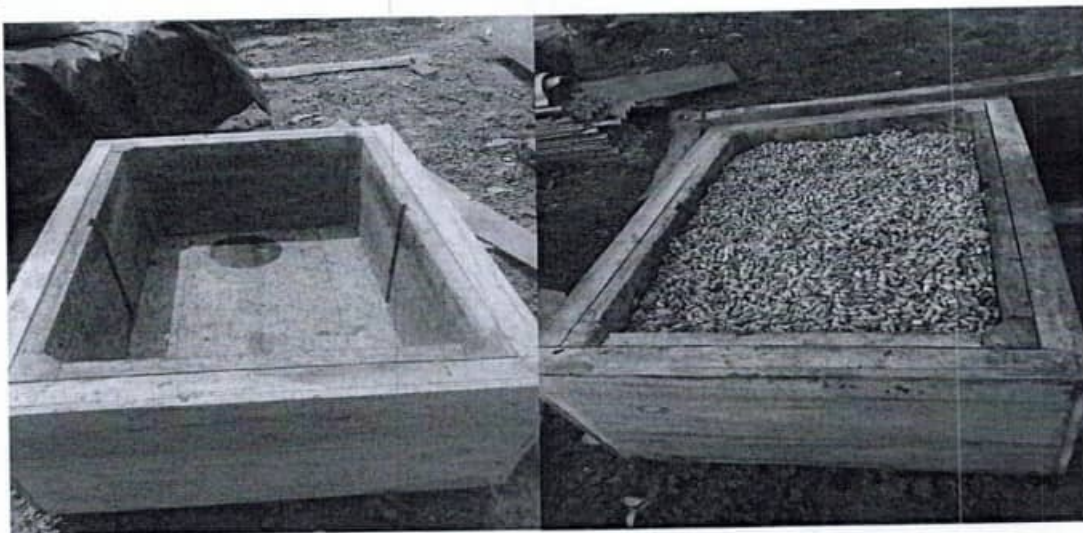
Una vez extraídos los granos, pasan a una etapa de fermentación, se utilizaron dos cajas modificadas de fermentación. Fabricadas externamente de madera "Toco Colorado" (*Piptadenia buchtiennii*) e internamente las 4 paredes de plastoformo de 5 cm de espesor. Con un diseño externo de ancho 95.5 Cm., de largo 136 Cm., altura 50 Cm., e interno ancho 72 Cm., largo 113 Cm., alto 46 Cm.



Ing. Jaime Cosío
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNICA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGROPECUARIA Y FORESTAL



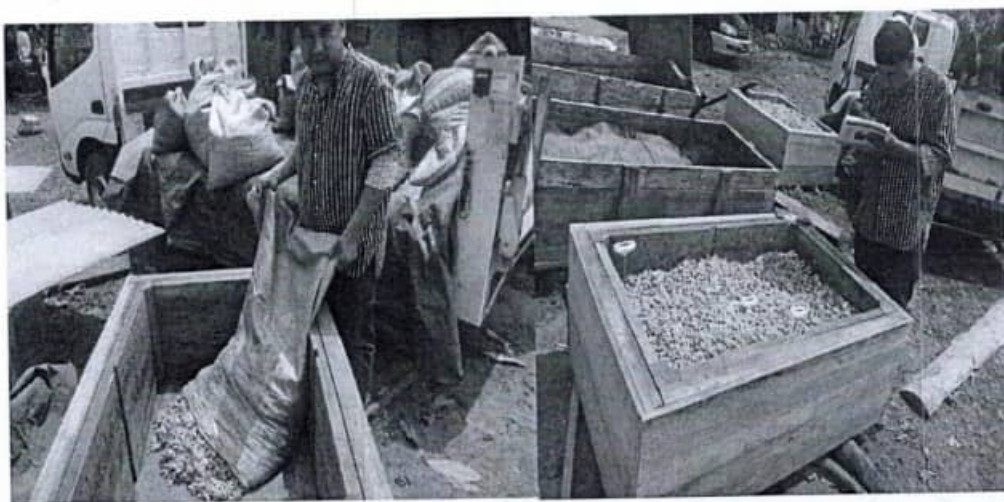
Figura 6 Fermentación. a) Caja modificada b) caja llena de granos de cacao.



a)

b)

Figura 7 c) Echado de los granos de cacao d) Toma de datos de temperatura.



c)

d)

Se utilizó una cubierta de hule con la finalidad de mantener la temperatura y evitar una circulación de viento, en el cuarto día se revisó el estado de fermentación, y realizó la prueba de corte, que consiste en partir 10 granos de cacao al azar y si 7 de 10 estas de color café, ya es un antecedente para sacar los granos de cacao a las secadoras.



Ing. Jaime Casimiro
Técnico Investigador
de Tecnología
Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal



Figura 8 Fermentación. a) Fermentado y no fermentado b) prueba de corte.



a)

b)

6.4 Características de las secadoras

Tabla 12 Características de las secadoras para el grano de cacao.

Medidas de cada secadora	Malla Milimétrica	Malla Saram	Malla Diamante	Mesa de Madera
Altura de las secadoras (m).	1.20	1.20	1.20	1.10
Ancho de las secadoras (m).	1.40	1.40	1.40	1.40
Largo de las secadoras (m).	1	1	1	1



Ing. Jaime Casimiro G.
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIA Y F



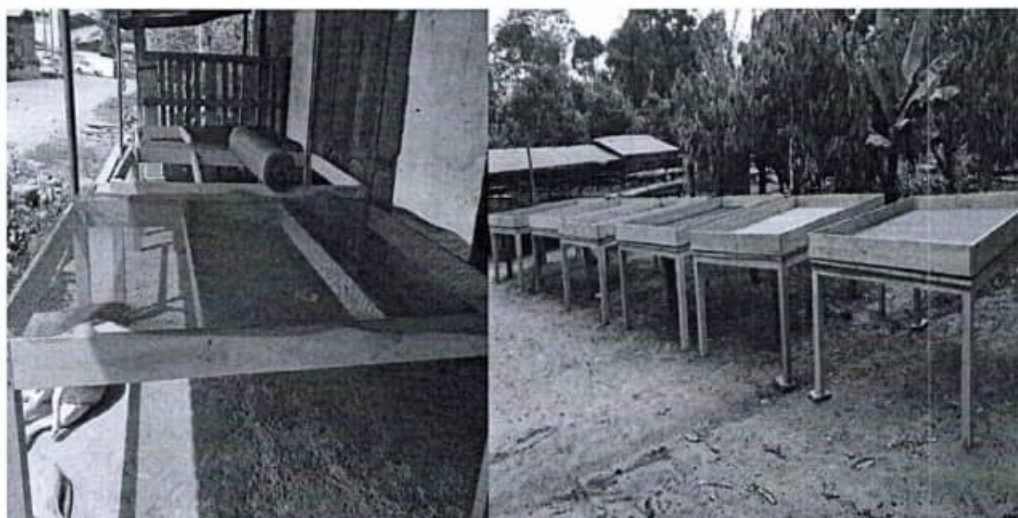
Figura 9 Fabricación. a) Mesa secadora b) malla milimétrica, Saram, diamante.



a)

b)

Figura 10 c) templado de las mallas d) secadoras listas



c)

d)

6.4.1 Malla Milimétrica

Datos observables:

Malla plástica que tiene 1 hilos verticales y 1 hilos horizontales, formando una cuadrícula por cada pulgada cuadrada, de color verde. Material de corta duración expuesta al sol, es muy favorable para el secado de granos de cacao en galpones reduce la incidencia de basura en un 10%.





Datos Medibles:

Los granos de cacao llegaron a su porcentaje de humedad comercial 7.35% y peso de 3.2kg.

Figura 11 Fabricación. a) Mesa secadora de malla milimétrica



a)

6.4.2 Malla Saram o Semi sombra

Datos observables:

Las mallas de sombreo son un geotextil (es una tela permeable y flexible de fibras sintéticas, principalmente polipropileno y poliéster), formado por bandas de rafia de polietileno de alta densidad y monofilamento de PE. Es muy favorable para el secado bajo sol y bajo galpones reduce la incidencia de basura en un 10%.

Datos Medibles

Los granos de cacao llegaron a su porcentaje de humedad comercial 7.2% y peso de 3.3kg.



Ing. Jaime Cosme
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOL
INSTITUTO NACIO
AGROPECUARIA



Figura 12 a) Mesa secadora de malla



6.4.3 Malla Diamante

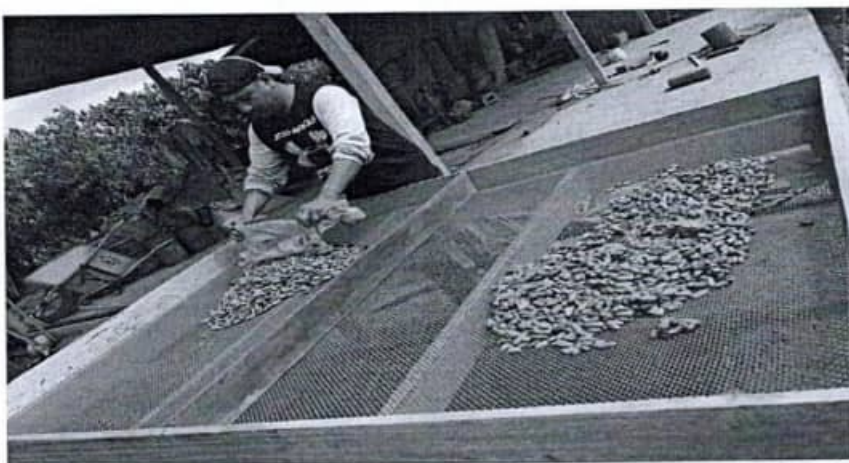
Datos observables:

Mallas elaboradas con resinas sintéticas, utilizadas para camas de secado de cacao, separación de materiales, entre otros; material contra los rayos UV. Es favorable para el secado bajo sol y bajo galpón reduce la incidencia de basura 50%

Datos Medibles:

Los granos de cacao llegaron a su porcentaje de humedad comercial 7.4% y peso de 3.8kg.

Figura 13 a) Mesa secadora de malla diamante



a)



Ing. Jaime Cosma
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGROPECUARIA Y FORESTAL



6.5 Toma de datos de temperatura y humedad relativa del ambiente, humedad y peso del grano de cacao

La Temperatura y humedad relativa del ambiente: Se tomó datos con el instrumento de medición: Temperature and Humidity Datalogger (registrador de datos de temperatura y humedad DT-172). Con el que obtuvimos datos cada 24 horas de temperatura ambiente en (°C) y la humedad relativa en (%). Con la que se obtuvo una media de $T = 30.6^{\circ}\text{C}$ y una $\text{HR} = 71.5\%$.

Figura 14 Medidor de Temperature and Humidity Datalogger DT-172.



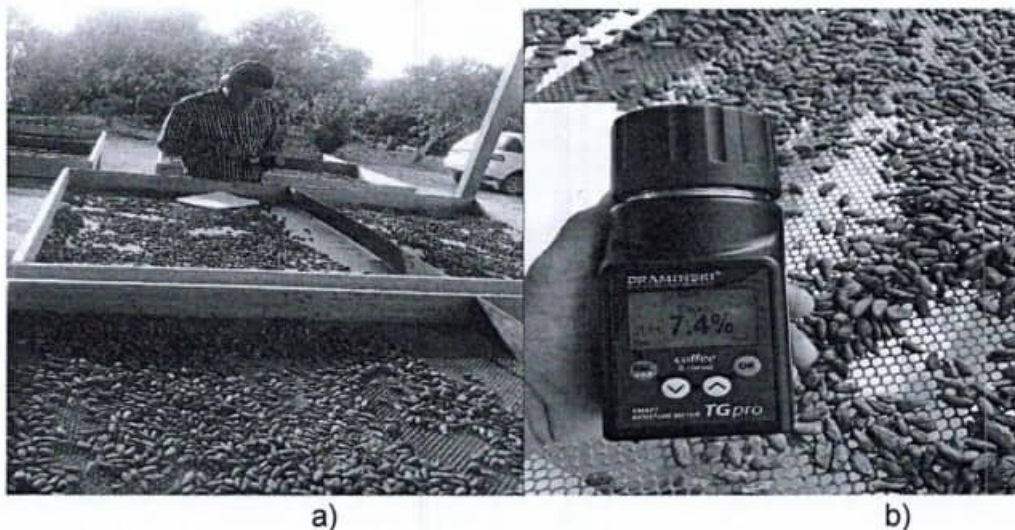
6.5.1 La Humedad del grano de cacao se midió:

Se utilizó el instrumento de medición: Smart Mixture Meter (Medidor de Humedad inteligente TG pro. Con el que se obtuvieron datos de las pérdidas diarias de la humedad del grano de cacao. Con una humedad inicial de 30% y una humedad final: malla milimétrica 7.35%, malla saram 7.2%, la malla diamante de 7.4% y secadora corrediza 6.75%.



Ing. Jaime Cosme
Técnico Investigador
de Tecnología
Instituto Nacional
Agropecuaria y Forestal

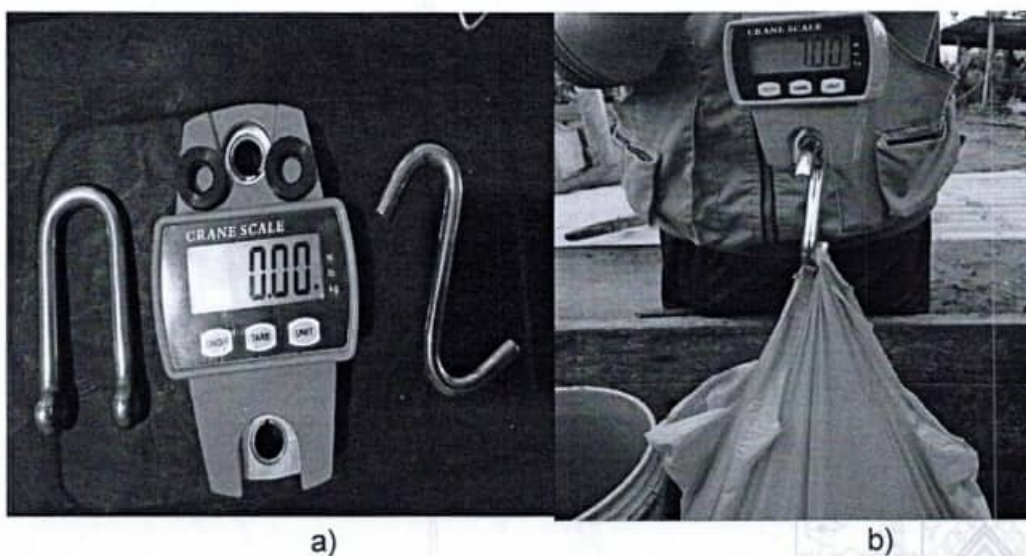
Figura 15 Smart Misture Meter TG pro a) tomando datos de humedad b) humedad final.



6.5.2 El peso del grano de cacao se midió:

Se utilizó el instrumento de medición: Mini Crane Scale (Escala Mini Grúa MNCS-M). Con el que se obtuvieron los datos de pérdidas de pesos diarios de los granos de cacao. Con un peso inicial por tratamiento de 7Kg y un peso final: malla milimétrica 3.2kg, malla saram 3.3kg, malla diamante 3.8kg. y secadora corrediza 3kg.

Figura 16 a) Mini Crane Scale MNCS-M b) peso inicial por tratamiento.



Ing. Jaime Cosme
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



6.6 Secado

Después del proceso de fermentación se realizó la etapa de secado en donde se redujo la humedad hasta un valor de 7 - 8 %. Para las pruebas experimentales se pesó 7 (kg) de grano de cacao fermentado para cada tratamiento y se realizó la limpieza frotando los granos de cacao sobre las diferentes mallas secadoras para tener un grano pulido de calidad y clasificación que es vital, por ende, se retiró cuerpos extraños como placentas, pedazos de cáscara y separando almendras pegadas entre sí.

Figura 17 Secado a) clasificación de grano de cacao b) Limpieza, pulido del grano de cacao



6.7 Clasificación

Una vez terminada la etapa de secado se evaluó las características físicas que presentaban los granos de cacao tomando muestras de cada una de las repeticiones de los cuatro tratamientos, de 100 gramos de cacao.



Ing. Jaime Cosme
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOL
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIA Y



Figura 18 muestras de 100 granos de cacao malla milimétrica



Figura 19 muestras de 100 granos de cacao malla saram

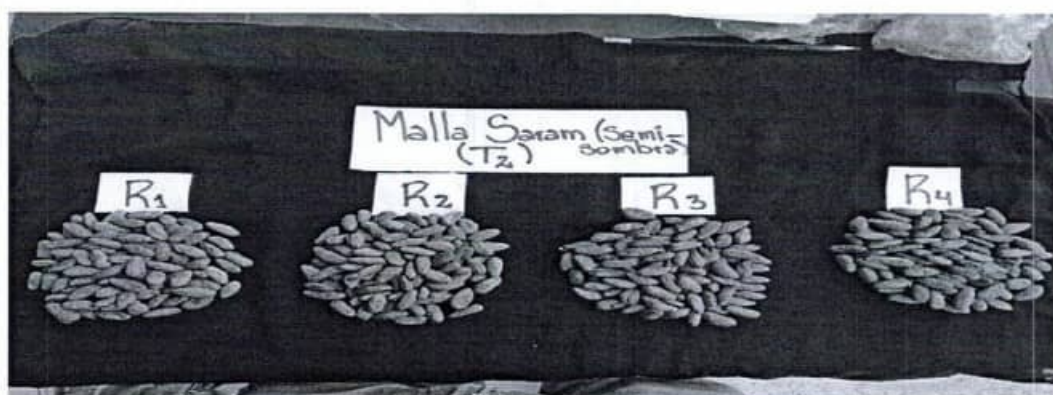


Figura 20 muestras de 100 granos de cacao en malla diamante



Figura N° 21. Secado a) Secado corrediza b) muestras de 100 granos de cacao



Figura 21 muestras de 100 granos de cacao en secadora de madera



6.8 Almacenamiento

Después de la clasificación de los granos de cacao, se guardaron en bolsas de yutes, almacenando en un cuarto su respectiva ventilación, con su plataforma de madera, resguardando de esa forma el contacto directo con la humedad del ambiente, para luego ser vendido.

7 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez tabulado los datos de campo se llegó a la presentación de los siguientes resultados:

7.1 Resultados de campo

7.1.1 Condiciones Climáticas

Los datos meteorológicos registrados durante la investigación se presentan en el cuadro N° 11. Y gráfico N° 1.

La temperatura media fue de 30.7°C con una máxima de 36.9°C y una mínima de 21.4°C. Una Humedad Relativa media de 71.05%, con una máxima de 74.8% y una mínima de 66%. La precipitación pluvial durante el proceso fue de 0 mm.



Inga. Jaime Guzmán Guzmán
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL

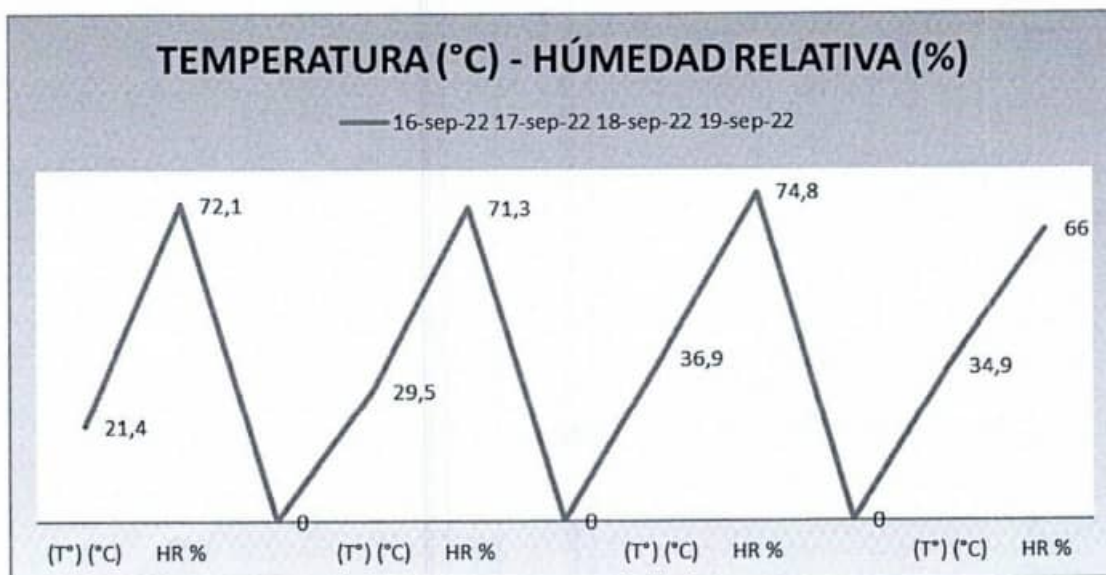


Tabla 13 Datos climatológicos.

Condiciones climáticas	FECHAS DE LA 1RA. REPETICIÓN				Promedio por fecha
	16/09/22	17/09/22	18/09/22	19/09/22	
T° Diaria (°C)	21.4	29.5	36.9	34.9	30.7
HR Diaria (%)	72.1	71.3	74.8	66	71.05
PP (mm).	-	-	-	-	-

Fuente: Temperature and Humidity Datalogger (registrador de datos de temperatura y humedad DT-172).

Figura 22 Temperatura y Humedad Relativa del ambiente de la investigación.



7.1.2 Análisis estadísticos de la pérdida de humedad diaria del grano de cacao

Se realizaron los análisis estadísticos y pruebas de Fisher 5%, desde las 0 horas que sería la humedad del grano inicial de 30%, luego a las 24 horas, 48 horas y 72 horas.

7.1.3 Análisis de Varianza:

El paquete estadístico InfoStat. 2020, Nos muestra el Análisis de Varianza de la pérdida diaria de la humedad del grano de cacao: Coeficiente de Variación, Valor de probabilidad, sumatoria de cuadrados, Grados de Libertad y medias.

Tabla 14. Coeficiente de variación de pérdida de humedad a las 0 horas

Variable	N	R²	R²	Aj	CV
0horas	16	sd	sd	0,00	

**Tabla 15.** Análisis de varianza de la variable pérdida de peso a las 0 horas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	3	0,00	sd	sd
Tratamiento	0,00	3	0,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	0,00	15			

A las 0 horas podemos ver que no hay diferencia alguna, siendo la humedad inicial.

Tabla 16. Coeficiente de variación de pérdida de peso a las 24 horas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24horas	16	0,95	0,93	2,32

Tabla 17. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso a las 24 horas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	18,48	3	6,16	69,56	<0,0001
Tratamiento	18,48	3	6,16	69,56	<0,0001
Error	1,06	12	0,09		
Total	19,54	15			

Tabla 18. Prueba de medias de Fisher calidad del grano de cacao

Error: 0,0885 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Mesa de madera (testigo)	14,50	4	0,15	A
Malla Saram (semi sombra)	12,88	4	0,15	B
Malla Diamante	12,48	4	0,15	B
Malla Milimétrica	11,53	4	0,15	C

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

Coeficiente de Variación CV = 2.32, nos indica que los datos tomados en campo fueron tomados correctamente y que existe diferencias entre los Tratamientos.

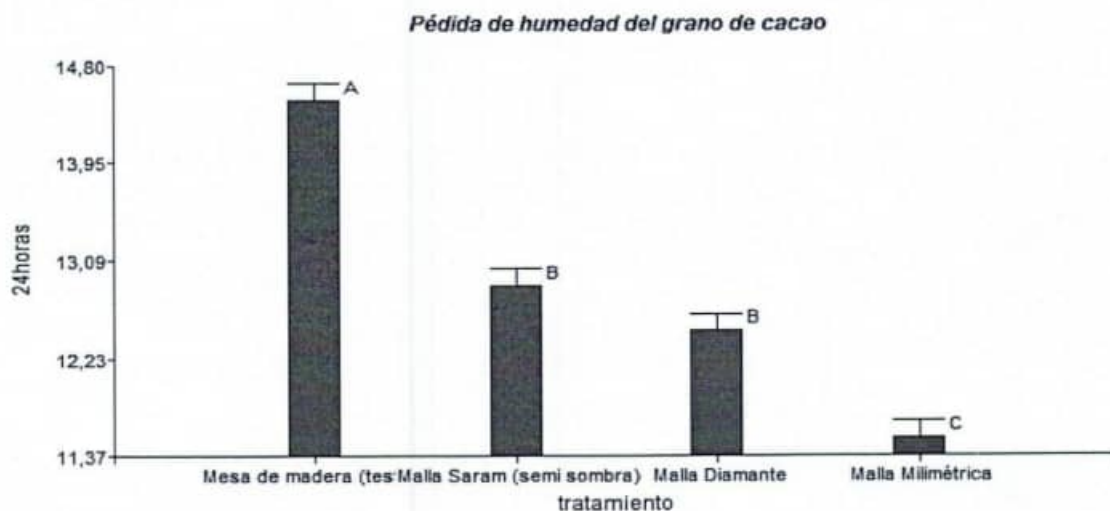
Valor de probabilidad p-valor = 0.0001, nos indica que este valor es altamente significativo (**).



Ing. Jerome Cox
TECNICO INVEST
DE TECN
INSTITUTO NAC
AGROPECUARIO



Figura 23 Pérdida de humedad del grano a las 24 horas



A las 24 horas podemos observar que el T1 fue quien tuvo mayor pérdida de humedad en comparación a T0 y los dos tratamientos teniendo diferencias estadísticas con los T2 Y T3 que solo mostraron diferencias matemáticas. Por lo que los T2 y T3 están brindando mayor calidad al grano de cacao.

Tabla 19. Coeficiente de variación de pérdida de humedad a las 48 horas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
48 horas	16	0,82	0,77	3,30

Tabla 20. Análisis de varianza de la variable pérdida de humedad a las 48 horas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4,60	3	1,53	18,16	0,0001
Tratamiento	4,60	3	1,53	18,16	0,0001
Error	1,01	12	0,08		
Total	5,61	15			

Tabla 21. Prueba de medias de Fisher pérdida de humedad a las 48 horas

Error: 0,0844 gl: 12

Tratamiento	Medias	n	E.E.	
Malla Saram (semi sombra)	9,38	4	0,15	A
Malla Diamante	9,03	4	0,15	A B
Malla Milimétrica	8,85	4	0,15	B
Mesa de madera (testigo)	7,93	4	0,15	C

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



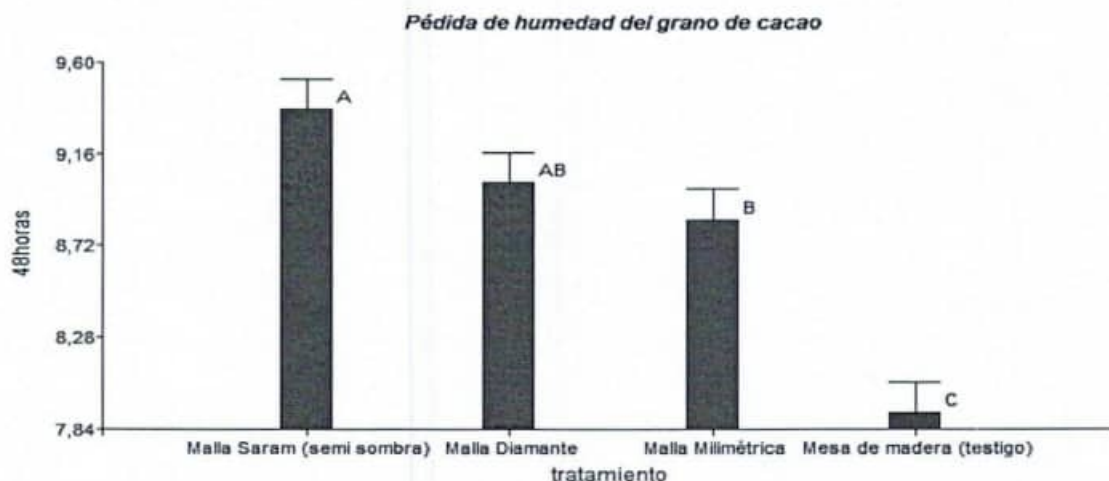
Ing. Jaime Cosme Gutierrez
TÉCNICO INVESTIGADOR Y T
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORESTAL



Coefficiente de Variación CV = 3.30, nos indica que los datos tomados en campo fueron tomados correctamente y que existe diferencias entre los Tratamientos.

Valor de probabilidad p-valor = 0.0001, nos indica que este valor es altamente significativo (**).

Figura 24 Pérdida de humedad del grano a las 48 horas



A las 48 horas podemos observar que el T0 fue quien tuvo mayor pérdida de humedad en comparación a T2 y los dos tratamientos teniendo diferencias estadísticas con los T1 Y T3 que solo mostraron diferencia matemáticas. Por lo que los T1 y T3 están brindando mayor calidad al grano de cacao.

Tabla 22. Coeficiente de variación de pérdida de humedad a 72 horas.

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
72 horas	16	0,63	0,53	3,25

Tabla 23. Análisis de varianza de la variable de pérdida de humedad a 72 horas.

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,10	3	0,37	6,73	0,0065
tratamiento	1,10	3	0,37	6,73	0,0065
Error	0,65	12	0,05		
Total	1,76	15			

Tabla 24. Prueba de medias de Fisher calidad de pérdida de humedad a 72 horas.

Error: 0,0546 gl: 12

tratamiento	Medias	n	E.E.
Malla Diamante	7,43	4	0,12 A
Malla Milimétrica	7,35	4	0,12 A
Malla Saram (semi sombra)	7,23	4	0,12 A



Ing. Jaime Cosme Gu
TECNICO INVESTIGADOR Y
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL D
AGROPECUARIA Y FOR

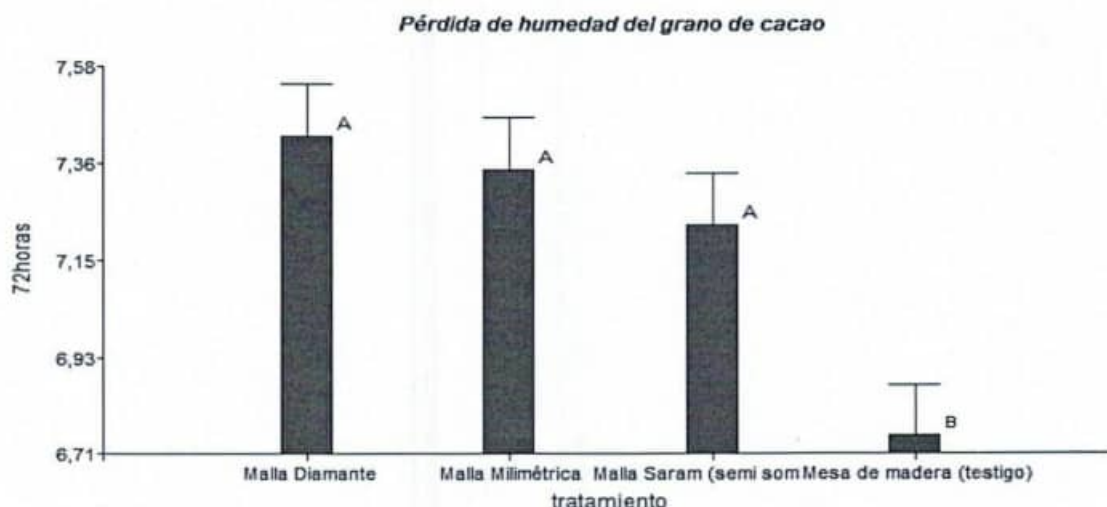


Mesa de madera (testigo) 6,75 4 0,12 B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Coefficiente de Variación CV = 3.25, nos indica que los datos tomados en campo fueron tomados correctamente y que existe diferencias entre los Tratamientos.

Valor de probabilidad p-valor = 0.0065, nos indica que este valor es altamente significativo (**).

Figura 25 Pérdida de humedad del grano a las 72 horas



A las 72 horas podemos observar que el T0 fue quien tuvo mayor pérdida de humedad en comparación a los T1, T2, T3, que solo mostraron diferencia matemáticas. Por lo que el T1, T2 y T3 están brindando mayor calidad al grano de cacao.

7.1.4 Análisis estadísticos de la pérdida de peso diario del grano de cacao:

7.1.4.1 Análisis de Varianza:

El paquete estadístico InfoStat. 2020, Nos muestra el Análisis de Varianza de la pérdida diaria de peso del grano de cacao: Coeficiente de Variación, Valor de probabilidad, sumatoria de cuadrados, Grados de Libertad y medias.

0 horas

Tabla 25. Coeficiente de variación de pérdida de peso

Variable	N	R ²	R ²	Aj	CV
0 horas	16	sd	sd	sd	0,00



Ing. Jaime Estime Gutiérrez
TÉCNICO INVESTIGADOR Y TR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORESTAL



Tabla 26. Análisis de varianza de pérdida de peso

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,00	3	0,00	sd	sd
TRATAMIENTOS	0,00	3	0,00	sd	sd
Error	0,00	12	0,00		
Total	0,00	15			

A las 0 horas podemos ver que no hay diferencia alguna, siendo el peso inicial de 7 kg.

Tabla 27. Coeficiente de pérdida de peso a 24 horas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
24horas	16	0,50	0,38	4,95

Tabla 28. Análisis de varianza de la variable de pérdida de peso a 24 horas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,49	3	0,16	4,06	0,0331
TRATAMIENTOS	0,49	3	0,16	4,06	0,0331
Error	0,49	12	0,04		
Total	0,98	15			

Tabla 29. Prueba de medias de Fisher de pérdida de peso a 24 horas

Error: 0,0404 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
Mesa de madera	4,35	4	0,10	A
Malla saram	4,03	4	0,10	B
Malla Diamante	4,00	4	0,10	B

Malla Milimétrica 3,88 4 0,10 B

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

Coeficiente de Variación CV = 4.95, nos indica que los datos tomados en campo fueron tomados correctamente y que existe diferencias entre los Tratamientos.

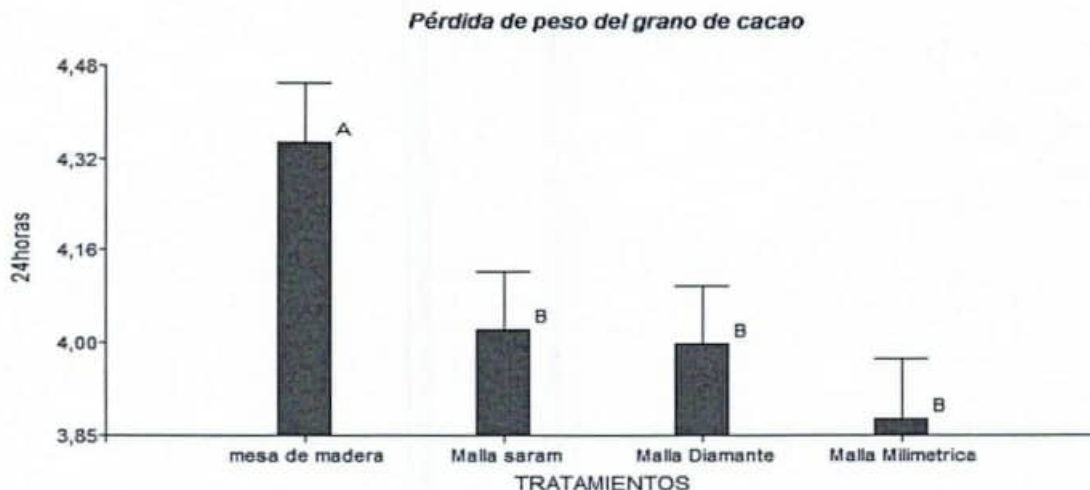
Valor de probabilidad p-valor = 0.0331, nos indica que este valor es significativo (*).



Ing. Jaime Cosme
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



Figura 26 Pérdida de peso del grano de cacao a las 24 horas



A las 24 horas podemos observar que el T1 fue quien tuvo mayor pérdida de peso en comparación a T0 y los dos tratamientos teniendo diferencias estadísticas con los T2 Y T3 que solo mostraron diferencias matemáticas. Por tanto, los T2 y T3 están brindando mayor calidad al grano de cacao

Tabla 30. Coeficiente de variación de pérdida de peso a 48 horas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
48 horas	16	0,20	0,00	5,99

Tabla 31. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso a 48 horas

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,12	3	0,04	0,98	0,4350
TRATAMIENTOS	0,12	3	0,04	0,98	0,4350
Error	0,48	12	0,04		
Total	0,59	15			

Tabla 32. Prueba de medias de Fisher pérdida de peso a 48 horas

Error: 0,0398 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
Malla saram	3,48	4	0,10 A
Malla Milimétrica	3,30	4	0,10 A
Malla Diamante	3,30	4	0,10 A
mesa de madera	3,25	4	0,10 A

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



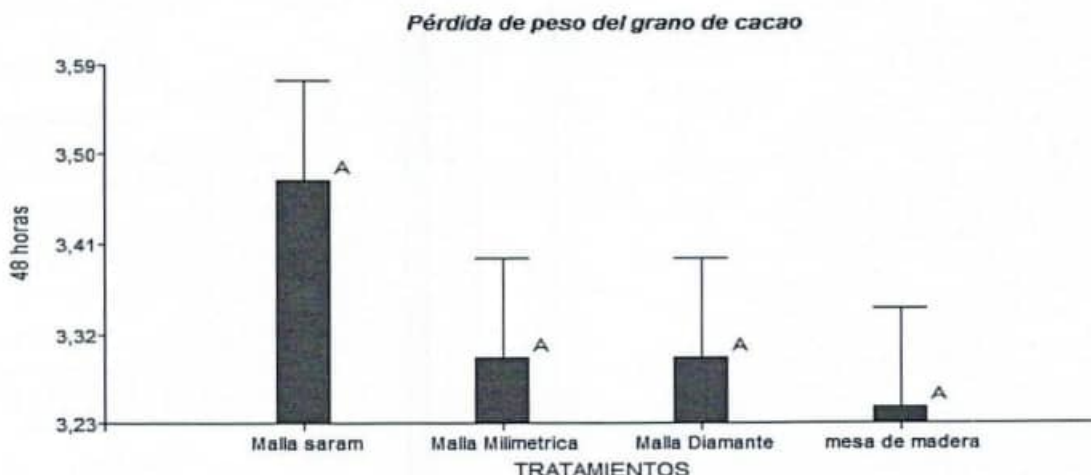
Ingo Jaime Cosme Gutierrez
TÉCNICO INVESTIGADOR Y TRANSFERENCISTA
DE TECNOLOGÍA CACAO
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGROPECUARIA Y FORESTAL



Coeficiente de Variación CV = 5.99, nos indica que los datos tomados en campo fueron tomados correctamente y que existe diferencias entre los Tratamientos.

Valor de probabilidad p-valor = 0.4350, nos indica que este valor es significativo (*).

Figura 27 Pérdida de humedad del grano a las 48 horas



A las 48 horas podemos observar que el T0 fue quien tuvo mayor pérdida de peso en comparación a T2 y los dos tratamientos teniendo diferencias estadísticas con respecto a los T1 Y T3 que solo mostraron diferencia matemáticas. Por tanto, los T1 y T3 están brindando mayor calidad al grano de cacao.

Tabla 33. Coeficiente de variación de pérdida de peso a las 72 horas

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
72 horas	16	0,06	0,00	5,84

Tabla 34. Análisis de varianza de la variable pérdida de peso

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,03	3	0,01	0,24	0,8700
TRATAMIENTOS	0,03	3	0,01	0,24	0,8700
Error	0,43	12	0,04		
Total	0,45	15			

Tabla 35. Prueba de medias de Fisher pérdida de peso

Error: 0,0354 gl: 12

TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.
Malla saram	3,28	4	0,09 A
Malla Milimétrica	3,25	4	0,09 A
Malla Diamante	3,20	4	0,09 A
mesa de madera	3,18	4	0,09 A

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



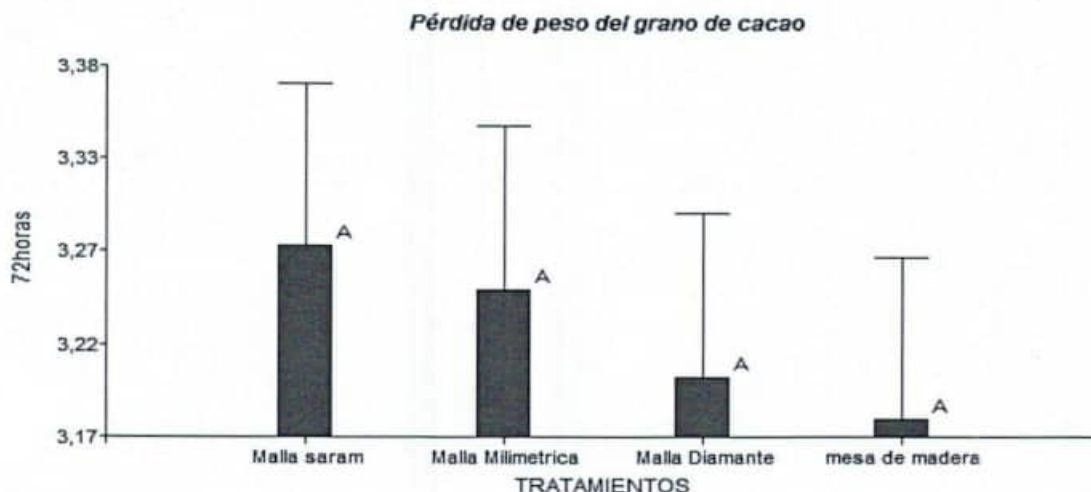
Ing. Jaime Osime Gutierrez
TECNICO INVESTIGADOR Y T.
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE
AGROPECUARIA Y FORE



Coefficiente de Variación CV = 5.84, nos indica que los datos tomados en campo fueron tomados correctamente y que existe diferencias entre los Tratamientos.

Valor de probabilidad p-valor = 0.8700, nos indica que este valor es significativo (*).

Figura 28 Pérdida de humedad del grano a las 72 horas



A las 72 horas podemos observar que el T0 fue quien tuvo mayor pérdida de peso en comparación a los T1, T2, T3, que solo mostraron diferencia matemáticas. Por tanto, los T1, T2 y T3 están brindando mayor calidad al grano de cacao

6.1.4. Análisis estadísticos de la calidad del grano de cacao

6.1.4.1. Análisis de Varianza

El paquete estadístico InfoStat. 2020, Nos muestra el Análisis de Varianza de la Calidad del grano de cacao: Coeficiente de Variación, Valor de probabilidad, sumatoria de cuadrados, Grados de Libertad y medias.

Tabla 36. Coeficiente de variación de calidad de cacao

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
GEMELOS, PLANOS, GERMINADO..	16	0,85	0,81	23,70

Tabla 37. Análisis de varianza de la variable calidad del grano

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	230,50	3	76,83	22,77	<0,0001
TRATAMIENTOS	230,50	3	76,83	22,77	<0,0001
Error	40,50	12	3,38		
Total	271,00	15			



Ing. Jaime Cosme C.
TECNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO Y FORESTAL



Tabla 38. Prueba de medias de Fisher calidad del grano de cacao

Error: 3,3750 gl: 12

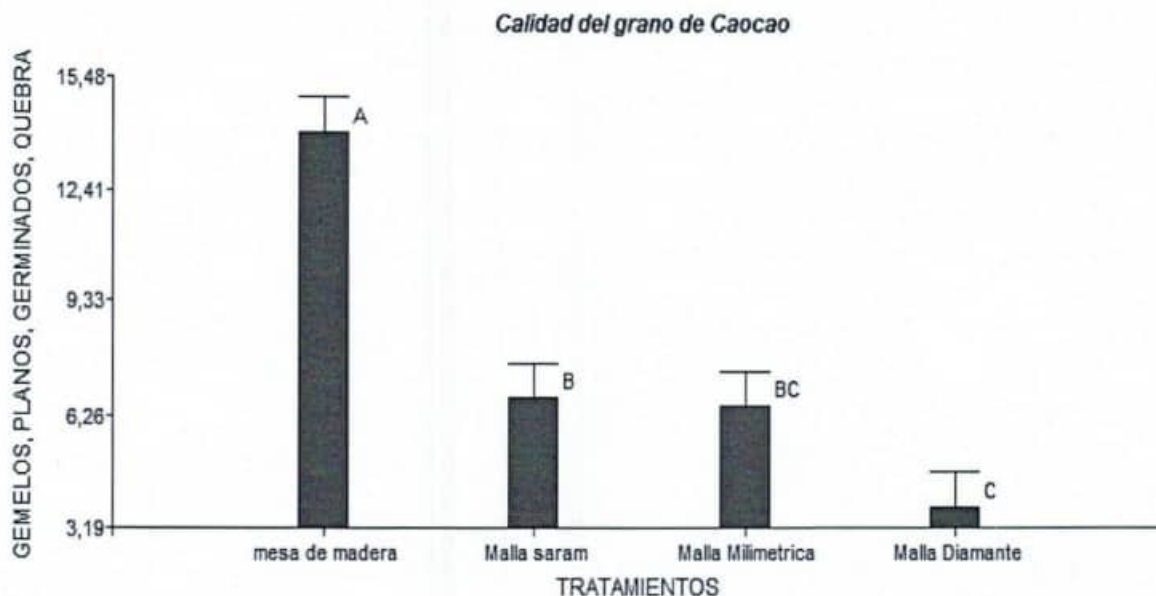
TRATAMIENTOS	Medias	n	E.E.	
Mesa de madera	14,00	4	0,92	A
Malla saram	6,75	4	0,92	B
Malla Milimétrica	6,50	4	0,92	B C
Malla Diamante	3,75	4	0,92	C

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

Coefficiente de Variación CV = 23.70, nos indica que los datos tomados en campo fueron tomados correctamente y que existe diferencias entre los Tratamientos.

Valor de probabilidad p-valor = 0.0001, nos indica que este valor es altamente significativo (**).

Figura 29 Calidad del grano de cacao



Al culminar el proceso de secado de los granos de cacao, podemos observar que el T3 fue quien tuvo mayor ganancia en calidad del grano cacao, con diferencias estadísticas sobre el T0 y T2. Y con diferencia matemática del T1.



Ing. Jaime Cosme Gu
Técnico Investigador
de Tecnología
Instituto Nacional
Agropecuaria y Forestal



8 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados del trabajo se puede describir las conclusiones siguientes:

El cuanto al tiempo de secado cuando la temperatura media de 30.7°C y una humedad relativa de 71.05%, las horas de secado fueron de 72 horas, un aspecto importante que se debe tomar en cuenta son las condiciones climáticas que no favorecen en la etapa de secado otro factor es el origen del grano.

Al identificar el porcentaje de pérdida de humedad en el proceso de secado de los tres tipos de mallas secadoras, se identifican diferencias matemáticas y no así estadísticas en las distintas mallas. Siendo la mesa de madera la secadora que alcanza a reducir la humedad de los granos de cacao a valores de 6.75%, teniendo una evapotranspiración muy acelerada y perdiendo la calidad del grano de cacao.

De acuerdo a la coloración de los granos de cacao, la malla Diamante presenta (96.25%) de granos de color marrón, la malla Milimétrica presenta un porcentaje (93.5 %) de granos de coloración marrón, la malla Saram presenta un porcentaje de (93.25 %) de coloración marrón y la mesa de madera fue la que mostro la mayor pérdida de coloración del grano de cacao con porcentaje de 86%. El color de los granos es una característica física por otra parte es una medida subjetiva por lo que es conveniente considerar como un indicador en la etapa de secado.

En los análisis estadísticos reportados por el programa InfoStat. 2020, confirma los valores del análisis independiente por variable, ya que determina que la malla Diamante es la más eficiente en función a la pérdida de la humedad uniforme y una pérdida de peso considerable y ganando mayor calidad del grano de cacao, con respecto a la mesa de madera.



Ing. Jaime Cosme
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA Y FORESTAL



De acuerdo a las normativas de comercialización del CEIBO y las normas venezolanas, la calidad de granos de cacao obtenida en la Malla Diamante es la apropiada.

Todas las etapas del beneficiado del cacao son importantes y deben ser controladas para incrementar y mejorar la calidad de los granos de cacao.

9 RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar la malla Diamante como alternativa para mejorar las características físicas del grano de cacao como en pulido, limpieza y zarandeado del grano logrando así la calidad del grano de cacao.

Mostró una pérdida de humedad uniforme que permitió llegar a 7.43% y peso 3.20kg en 72 horas. Considerándose como grano de primera para su comercialización.

La Malla Milimétrica y la Malla Saram, por tener un secado uniforme y obtener un peso considerable del grano, se recomienda seguir sometiéndose a futuras investigaciones.

Se recomienda tener mucha asepsia en la etapa de secado, evitando la formación de hongos no deseados.

Es necesario realizar una selección en función al tipo de cacao, debido a que cada tipo requiere distintos tiempos de secado de grano.

Se recomienda que en proceso de beneficiario se realice una selección el grano en baba como granos blancos (de primera), amarillos (de segunda), granos germinados y por sucesión de tamaño.

Se debe cosechar mazorcas maduras y sanas ya que las mazorcas inmaduras no poseen el suficiente azúcar en el mucílago y las mazorcas dañadas por enfermedades que reducen la calidad del grano.



Ing. Jaime Colme Gutierrez
TECNICO INVESTIGADOR Y TRANSFERENCISTA
DE TECNOLOGIA CASERA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGROPECUARIA Y FORESTAL



10 BIBLIOGRAFÍA

- ASOCIACIÓN NATURLAND. Agricultura Orgánica en el Trópico Subtrópico. 2000.
<http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/cacao.pdf>
(último acceso: 01 de Septiembre de 2011).
- Barros, O. (1981). Cacao. (E. I. Román, Ed.) Manual de Asistencia Técnica N° 23, Publicación ICA, Edición Ing. Agr. Ana Lucia de Roman. Bogotá – CO. 286p.
- BATISTA, L. 2009 Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana (en línea). Santo Domingo CEDAF. Consultada 19 de julio. 2011. Disponible en
http://www.ceid.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/CACAO.pdf.
- Beck, S. (1991). Flora y Vegetación en los diferentes Pisos Latitudinales. Eds. Historia Natural de un Valle de los Andes. L.P. Instituto de Ecología, UMSA. La Paz – Bolivia.
- Camacho, & Silva, J. (2007). Organización de la oferta de cacao en el área V de Alto Beni. La Paz – Bolivia 37p.
- CIPCA, (Centro de investigación y promoción del campesinado). 2007. Beneficiado del cacao criollo. Bolivia. 10p.
- Compañía Nacional de Chocolates, S.A (1988). Manual para cultivo de cacao Editorial Bedout S.A, Medellín (Colombia). 137p.
- CUMAT / COTESU (Capacidad de uso Mayor de la Tierra). 1985. Proyecto Alto Beni. Informe técnico. La Paz – Bolivia. 146p.
- Enriquez, & Paredes, A. (1985). Curso sobre el cultivo del cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba – Costa Rica, 30 – 41p.
- FAO. (18 de Febrero de 2003). El cultivo protegido en clima mediterráneo. Recuperado el 7 de Agosto de 2012, de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/s8630s/s8630s00.pdf>
- FAO. (1993). Procesamiento de Frutas y Hortalizas. Oficina Regional de la FAO en América Latina y El Caribe. Santiago – Chile. 74 a 82p.
- Gardini, E., Cernades, Arevalo, & Aguila, J. (2004). Manejo Integrado del Cultivo y Transferencia de Tecnología en la Amazonía Peruana. Perú. 167p.
- Ghezán, G. (1997). El cambio global y el desarrollo tecnológico agropecuario y agroindustrial del cono sur IICA. Montevideo- Uruguay. 53 – 54p.



Ing. Jaime Guzmán Gutiérrez
Técnico Investigador y Transferencia de Tecnología
INIAF



- Gomez, B. (2005). Cacao Aspecto Agronómico para su Cultivo. San Cristóbal. 44p.
- Huanca, G. (2004). Perspectivas del cacao en el norte boliviano (en Línea) en CIPCA - UAP.
Recuperado el 10 de Mayo de 2007, de
<http://www.cipca.org.bo/sistema7detnota.asp?dsuject=0&id=63.8pICGD>
- Ibarz, J., & Barbor, J. (1997). Química General Moderna (7 séptima ed.). México - DF: Época
S. A. 135 – 144p.
- ICCO (Organization international del cacao). 2006. Boletín trimestral N°4. Bolivia. 3p.
- ICT. (2003). Informe Anual del Proyecto "Renovación y rehabilitación de plantaciones de cacao en la Cuenca del Huallaga". Tarapoto – Perú: Instituto de Cultivos Tropicales.
- INTECO. (23 de 07 de 2009). "Cacao y productos derivados del cacao" en Scrib. Recuperado el 2 de 09 de 2011, de <http://es.scribd.com/doc/50563707/Cacao-y-productos-derivados-del-cacao>
- Jimenez, G. (1980). Manejo de plantaciones de cacao. CATIE Programa de cultivos perennes.
- July & Vargas. (2010). Beneficiado de cacao. En W. J. Martínez (Ed.), Manual para la Producción Orgánica de Cacao en Bolivia (p. 106-108). Bolivia.
- July, W. (2010). Manual para la Producción Orgánica de Cacao en Bolivia. 99 – 110p.
- July, W., Vargas, M., Chávez, J., & Mancilla, J. (2008). Tecnología de Producción de Cacao en Bolivia. ACCESO, 51p.
- León, J. (1987). Botánica de los Cultivos Tropicales. IICA (Instituto Interamericano de Cooperación de Cacao agrícola), 337 – 342p.
- López, N. (2002). Pre Elaboración y Conservación de Alimentos. Ed. Síntesis. Madrid – España. 233 – 240p.
- Maiztegui, A., & Sabato, J. (1973). Física I. buenos Aires (Argentina). Ed.Kapeluz.371 – 395p.
- Maksaev, V. (05 de Noviembre de 2001). Nitratos y Salares. Recuperado el 8 de Agosto de 2012, de <http://www.cec.uchile.cl/~vmaksaev/NITRATOS%20Y%20SALARES.pdf>
- Marqués, P. (1999). Multimedia educativo: clasificación, funciones, ventajas e inconvenientes. Facultad de Educación UAB.
- Marqués, P. (2001). Ideas para aprovechar el ciberespacio en educación. Recuperado el 12 de 09 de 2012, de <http://dewey.uab.es/pmarques/buenidea.htm>



Ing. Jaime Cosme C.
TÉCNICO INVESTIGADOR
DE TECNOLOGÍA
INSTITUTO NACIONAL
AGROPECUARIO



- Martínez, A., & Enriquez, G. (1984). La sombra para el cacao. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE. , Boletín Técnico N° 5, 7 – 10p.
- Mejía, & Palencia, G. (2000). Manejo integral de cultivo de cacao. (R. N. Bucaramanga, Ed.) 24p.
- Meyer, M. R. (2002). Elaboración de Frutas y hortalizas. 79-83p.
- Ministerio de Cultura, M. (1986). 12 Nuevos soportes y canales para dar forma, registrar, almacenar y difundir contenidos informacionales. Cultura y Nuevas Tecnologías, 12p.
- Mohammed, B., & Jackson, H. (1969). Secado al Sol de Frutas y Hortalizas en "Dirección de servicios agrícolas". FAO. 1 – 4p.
- Morera, L., & Mora, W. (1993). Seminario Regional "Sombras y Cultivos Asociados con Cacao" Turrialba. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 221p.
- Naturland, A. (2000). Agricultura Orgánica en el Trópico Subtrópico. Recuperado el 01 de Septiembre de 2011, de
<http://www.naturland.de/fileadmin/MDB/documents/Publication/Espanol/cacao.pdf>
- Nosti, N. (1970). Cacao y Café. Segunda Edición, 638p.
- OCHSE, J. J.; WEHIBURG, C.; DIJKMAN, M. J.; SOULE, M. J.; OCHSE, J. 1965. Cultivo y Mejoramiento de Plantas Tropicales y Subtropicales. Volumen II. 1536p.
- Potter, N. (2007). La Ciencia de los Alimentos. 233,270-275p.
- Prado, M., & Alonso, I. (2006). Cultivo del Cacao en Sistemas Agroforestales. Nicaragua: El castillo. Nicaragua. 67p.
- PROAMAZONIA, (Programa para el desarrollo de la Amazonia). 2004. Manual del cultivo de cacao. Peru, 105p.
- QUISPE, Jesús. Calidad y manejo post cosecha del grano de cacao. 2010. (último acceso: 2012).
- Reyes, H. L., & Capriles, d. R. (2000). El cacao en Venezuela. Moderna Tecnología para su Cultivo.
- Somarriba, E., Stoian, D., Zelada, E., & Palencia, G. (2002). Modernización del cacao cultura orgánica del Alto Beni. VIMDESALT (Vice Ministerio de Desarrollo alternativo, BO). CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). La Paz. 69p.





- TOXOPEUS, H. 1985. Cacao. In. Genotecnia de Cultivos Tropicales Perennes. Eds. F.p. Ferwerda y F. wilt. Editorial AGT. S.A. México. P 53-71.
- TREYBAL, R. 2001. Operaciones de Transferencia de Masa. Ed. McGaw-Hill. 2da ed. UNAM-México. p. 728-729p.
- Vasquez, P., Yañez, J., & Alvas, M. (1987). Manual Silvo Agropecuario. Junta del acuerdo de Cartagena. Lima – Perú. 1 – 58p.
- Vera, J., Suarez, C., & Y Noreira, M. (1998). Manual de cultivo de cacao. INIAP - PROTECA, Estación Experimental "Pichilingue" (Manual N° 25), 135p.
- Zeballos, H., & Terrazas, E. (1970). El cultivo de cacao en el Alto Beni Instituto Nacional de Colonización. Boletín de divulgación (1), 57p.



PRO. JESUS WILLY QUIROGA GUTIERREZ
TITULAR DEL CARGO DE
COORDINADOR DE TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION
AGROPECUARIA Y FORESTAL