

**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 TRES PROTOTIPOS DE SECADORES EN LAS
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ORGANOLÉPTICAS DEL
GRANO DE CACAO (*Theobroma cacao* L.), EN LA
COMUNIDAD SANTA ANITA, MUNICIPIO DE CHIMORE
DEPARTAMENTO DE COCHABAMBA**

**COCHABAMBA – BOLIVIA
2024**



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



RESUMEN

En el presente trabajo se evaluó la calidad física y organoléptica de los granos de cacao silvestre (*Theobroma cacao* L.) en la comunidad Santa Anita del municipio de Chimoré del departamento de Cochabamba. Los granos fueron secados naturalmente al sol en tres tipos de plataformas (malla diamante, malla milimétrica y malla sarán) y un testigo (plataforma de madera), la estructura de las mesas de secado fue construida de madera.

El diseño experimental utilizado fue completamente al azar, con un solo factor y se utilizó la prueba de Duncan ($p > 0,05$). Se evaluó la pérdida de humedad de los tratamientos en las diferentes plataformas hasta alcanzar el 7% de humedad, recomendada para llevarla al almacén. Los granos de cacao por tratamientos fueron analizados físicamente (fermentado, violetas, pizarroso, gemelos y moho). Se analizó los aspectos organolépticos como sabor a cacao, amargo, acidez, astringencia, sabores atípicos y sabor a fruta fresca. Posteriormente se analizó los costos invertidos para secar un quintal de cacao.

El tiempo de secado de los granos varió entre 4,3 a 4,7 días, no se encontró diferencias significativas en el tiempo de secado entre los tratamientos propuestos, pero sí con relación al testigo. El tratamiento T0 (Testigo), secó los granos en 112 horas, el tratamiento T1 (malla sarán) con un promedio de 102,25, el tratamiento T2 (malla milimétrica) secó en 106,25 horas y el T3 (malla diamante) en 106,25 horas.

El mayor porcentaje de grano fermentado lo obtuvo en la plataforma T2 y T3 (sarán y diamante respectivamente) con el 86% de granos fermentados. Se observó una diferencia significativa entre los tratamientos T0 y T1 con relación a los T2 y T3.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Con relación a la variable organoléptica, no se observó una diferencia significativa ($p>0,05$) entre tratamientos, sin embargo, el Tratamiento malla diamante obtuvo un mejor puntaje con relación a los otros tratamientos evaluados.

El tratamiento que mejor resultado obtuvo al momento de obtener la calidad de grano, parámetro importante para determinar el precio del grano de cacao, fue la malla diamante, posiblemente por la conformación de su estructura la cual presenta perforaciones y es de un material fácil de instalar y limpiar.

Se recomienda utilizar la malla diamante como plataforma de secado de cacao en pequeña y gran escala y continuar con las evaluaciones para mejorar los costos de instalación y determinar calidad en otros genotipos de cacao.

Palabras claves: fermentado, malla diamante, organoléptico, cacao.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



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 con características productivas.

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 (IICA, 2007).

Y con relación productores a nivel nacional de acuerdo al informe del Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras de Bolivia en 2018, indica que existen entre 25000 a 30000 familias productoras de cacao en el país.

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 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 fermentado y secado.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



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 (Bela, 2013).

Para mejorar la calidad del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) es necesario controlar la fermentación y 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 Chimoré comunidad Santa Anita.

El beneficiado del grano de cacao permite mantener las características físicas, químicas y organolépticas de los granos de cacao en el proceso de fermentación y secado incrementando la calidad (Bela, 2013).

1.1. Justificación

Las condiciones medioambientales de la zona de Santa Anita constituyen un factor importante en el proceso de fermentado y desecado 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.

En la etapa del fermentado la mayor dificultad que presentan los productores de cacao de la región es el control de temperatura de la masa del cacao, en tal sentido se quiere evaluar el uso de técnicas y materiales que permitan conservar la temperatura de fermentación, con el propósito de valorar cuál se adecua mejor para evitar los cambios bruscos de la temperatura.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Los recolectores de la asociación ARCASY, en el municipio de Chimoré dedicado a recolectar chocolate como ellos lo denominan al fruto 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 la comunidad Santa Anita, TCO Yuracaré, se debe buscar alternativas tecnológicas para los recolectores, no solo 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 recolectores una cultura de beneficio que afiance el mercado de calidad.

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 tres prototipos de secadoras en la calidad física y organoléptica de los granos de cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) en la comunidad de Santa Anita del departamento de Cochabamba.

2.2. Objetivo específico

- Determinar el tiempo de secado del grano de cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) en los tres prototipos de secadora.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



- Evaluar las características físicas y organolépticas del grano de cacao nativo (*Theobroma cacao* L.) secado en los tres prototipos de secadora.
- Determinar la relación beneficio y costo.

3. Revisión bibliográfica

3.1. Taxonomía del cacao

Según Vasquez-Garcia *et.al.* (2023) nombre *Theobroma* procede del griego “*Theos*” que significa Dios y “*broma*” alimento. Este nombre fue asignado por el botánico Linneo en referencia a la importancia de esta planta para los nativos americanos.

La clasificación taxonómica del cacao es la siguiente:

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Orden: *Malvales*

Familia: *Esterculiácea*

Género: *Theobroma*

Especie: *cacao*

Nombre científico: *Theobroma cacao*

3.2. El cacao en Bolivia

Según el Centro de Investigación y Promoción del Campesino - CIPCA (2023), el cacao en Bolivia vuelve a tomar importancia recién a la mitad del siglo XX por el potencial en la economía campesina, este hecho se relaciona a la nueva atención que da el Estado al desarrollo de las actividades agropecuarias y a los planes y programas de colonización de distintas regiones de Bolivia.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



El renovado interés por el cultivo del cacao fue impulsado por el gobierno boliviano, a través del Instituto Nacional de Colonización y posteriormente por las corporaciones de desarrollo y los institutos de investigación estatales asentados en los departamentos de La Paz, Beni, Santa Cruz, Cochabamba y Tarija.

Es en este entorno institucional que se establecen parcelas de experimentación y reproducción de plantines y para ello se introduce material genético importado principalmente de Ecuador, Trinidad y Tobago y Costa Rica (Cruz Ch. & Maldonado, 2020).

3.3. Cacao silvestre en Bolivia

Según CIPCA (2023) menciona que la primera distinción, entre el cacao silvestre y cultivado, hace referencia a la acción humana, indica que muchas plantaciones silvestres, puede ser que en alguna época fueron introducidas y cultivadas por comunidades indígenas, por misioneros católicos, estancieros y un conjunto de otros sujetos que vieron en el cultivo del cacao una alternativa económica, o un producto para el consumo familiar y local, y posteriormente dejaron de manejarlo y prácticamente lo abandonaron. En cambio, la distinción entre el cacao cultivado de las variedades amazónicas bolivianas y del cacao cultivado de las variedades híbridas importadas, expresa el reconocimiento cada vez mayor de que el material genético de las áreas silvestres, que han sido y son incorporadas a las parcelas de los productores, tiene un valor diferente a las variedades introducidas, aunque sea necesario evitar el uso de calificativos en la comparación.

El cacao nativo es el germoplasma tradicionalmente cultivado en Bolivia desde la época colonial pero su origen geográfico y genético contienen las características que lo distinguen de otros genotipos y su relación genética con los otros cacaos Forasteros (aunque se le ha vinculado con ciertos genotipos brasileños) son desconocidos. El cacao nativo se encuentra en condiciones





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



silvestres y en cultivo con diferentes grados de cruzamiento con materiales introducidos. El cacao nativo es un recurso genético autóctono de Bolivia (July, 2007).

Tabla 1. Ubicación y extensión del cacao cultivado y silvestre por municipio y departamento

DEPARTAMENTO	MUNICIPIO	CACAO CULTIVADO (Ha)	TOTAL DEPARTAMENTO (Ha)	CACAO SILVESTRE (Ha)	TOTAL DEPARTAMENTO (Ha)
BENI	Baures	100	1654 (19%)	5227	8145 (67%)
	Cercado	10		100	
	Guayaramerín	383		25	
	Huacaraje	50		557	
	Riberalta	391		30	
	Rurrenabaque	360		70	
	San Ignacio de Moxos	360		2136	
COCHABAMBA	Chimoré	143	787 (9%)	50	150 (1%)
	Entre Ríos	50		s.d.	
	Puerto Villarroel	226		s.d.	
	Shinahota	82		s.d.	
	Villa Tunari	286		100	
LA PAZ	Apolo	80	5573 (65%)	30	653 (5%)
	Caranavi	2230		5	
	Palos Blancos	2733		50	
	San Buena Ventura	350		66	
	Ixiamas	180		502	
PANDO	Ingavi	45	330 (4%)	20	225 (2%)
	Puerto Gonzalo Moreno	150		50	
	San Lorenzo	9		25	
	San Pedro	85		20	
	Villa Nueva	41		20	
	Puerto Rico	s.d.		50	
	Bella Flor	s.d.		40	
SANTA CRUZ	Ascensión de Guarayos	60	291 (3%)	20	2942 (24%)
	Buena Vista	25		50	
	Porongo	2		5	
	San Carlos	10		20	
	Santa Rosa	30		30	
	Urubicha	164		2787	
	Yapacani	s.d.		30	
TOTAL NACIONAL		8635		12115	

Fuente: Relevamiento de campo, entrevista y reuniones. CIPCA, 2007



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



3.3.1. Nombres locales del cacao en Bolivia, por región

Tabla 2. *Nombre local del cacao en Bolivia por departamento*

	BENI	LA PAZ	COCHABAMBA	PANDO	SANTA CRUZ
CULTIVADO	Chocolate	Cacao	Cacao	Chocolate	Chocolate
SILVESTRE	Criollo Chucurate	Criollo Chocolate	Criollo Chocolate	Criollo	Misional

Fuente: CIPCA, 2007 El cacao silvestre se lo denomina a la planta de cacao existente dentro de un sistema de bosque natural que producen sin necesidad de la intervención del hombre. También son considerados todas, aquellas áreas de plantas que posiblemente provienen de cultivos introducidos en tiempos de la colonia y han sido abandonadas, y ahora presentan características semejantes con los cacaotales silvestres.

El Cacao Silvestre Boliviano es molecularmente diferente a los grupos genéticos Forasteros y Trinitarios estudiados. Se concluye que forma un acervo genético nuevo dentro de los Cacaos Forasteros. Esto es consistente con lo indicado por Enríquez (2010), quien menciona que cada lugar o río en la Amazonía ha originado genotipos muy diversos de Cacao. Aunque el origen exacto del Cacao Nacional Boliviano (CNB) es desconocido, es posible suponer que procede de la parte sur de la Amazonía brasileña, sin embargo, esta hipótesis no se pudo corroborar al no tener dentro del análisis, muestras de genotipos de esta área, lo cual queda pendiente para otra investigación. Algunos autores han señalado desde hace más de 400 años la existencia de Cacao en la cuenca del Río Beni. Las expediciones realizadas por el capitán Peranures en los años 1538-1539, y de Juan Álvarez entre 1569 y 1570 en los ríos Mamoré y Beni, reportan la existencia de mucho Cacao en estas cuencas (Patiño, 2002). El mismo autor denomina a este material silvestre como “extractivo” por encontrarse diseminado en varias cuencas del Amazonas. Menciona también que para el año 1758 ya se tenía noticias de la existencia de Cacao en toda la región del alto Orinoco (Yuly, 2007).





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



3.3.2. Ubicación, extensión y descripción general

El cacao se encuentra diseminado y extendido en las márgenes de los ríos de la cuenca amazónica boliviana, que incluye a los departamentos de Pando y Beni y parte de los departamentos de Santa Cruz, La Paz y Cochabamba. También se encuentra extendido en grandes manchas o islas en las áreas boscosas de la llanura beniana. Resulta muy difícil cuantificar la dimensión del cacao silvestre en hectáreas, aquí intentamos una aproximación por departamento y municipio, tomando en cuenta las siguientes consideraciones: nos abocamos a buscar datos de los municipios en los que la explotación comercial de los cacaotales silvestres es significativa, donde se tienen superficies considerables para la recolección del producto y donde la densidad de plantas en el bosque es adecuada como para que la población considere rentable su intervención. Estimamos que en la actualidad existen alrededor de 12.115 hectáreas de cacao silvestre, de las cuales el 67% se encuentran en el departamento del Beni. Esta superficie ha sobrevivido a las distintas intervenciones humanas y fenómenos naturales, y hoy vuelve a ser valorizada, por lo que se presenta una oportunidad para su conservación y aprovechamiento sostenido (Peralta y otros, 2022).

3.3.3. Cacao silvestre, Cochabamba

Por la información contenida en documentos de la época colonial y de principios de la república, es posible indicar que en el área de influencia del Chapare existían cacaotales introducidos por las misiones católicas, aunque se indica que éstos no tuvieron éxito como en otras regiones del país, pues la población no aceptaba de buen agrado la tradición agrícola que se quiso introducir en las reducciones. Sin embargo, el manejo integrado entre cultivos anuales y perennes hoy es una práctica de la población indígena, particularmente de las familias de origen Yuracaré asentadas a lo largo del río Chapare.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



En la historia contemporánea del Chapare lo indígena es simplemente marginal y el cacao silvestre es simplemente un dato referencial, de la diversidad de cultivos que se introdujeron en la región y la posibilidad de introducir nuevas plantaciones. De acuerdo a la literatura proveniente de fuentes oficiales sobre la presencia de cacao en el Trópico de Cochabamba, existirían unas 150 hectáreas de cacao silvestre, que se encontrarían en las riberas de los ríos Isiboro, Chapare e Ichilo, localizadas en el área de influencia de las TCO Yuracaré y Yuquí, y aunque no se encontraron datos precisos al respecto, la distribución que presentamos por municipio responde a la determinación del área de influencia de los principales ríos dentro de las TCO (Peralta y otros, 2022).

Tabla 3. Familias y superficie de cacao en el Trópico de Cochabamba.

MUNICIPIO	Nº FAMILIAS APROXIMADO	SUPERFICIE APROXIMADA (Ha)	FUENTE DEL DATO	OBSERVACIONES
CHIMORE	100	50	VCDI, 2006	Superficie aproximada por municipio y número de familia.
VILLA TUNARI	200	100		
	300	150		

Fuente: Bazoberry & Salazar (2008)

3.3.4. Características Botánicas

Morfología del cultivo: *Theobroma cacao* L. descrito por la Compañía Nacional de Chocolate - CNCH (2021) 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.

Gonzales (2019) 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





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



árbol es una drupa denominada mazorca, sostenida por un pedúnculo fuerte, formada por la unión de cinco carpelos; la forma es generalmente elipsoidal.

Doster *et.al.* (2012) indican 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.

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. 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 hectáreas, eso es entre 7 a 14 quintales (Centro de Investigación y Promoción del Campesino - CIPCA, 2023).

3.4. Requerimientos climáticos del cacao

Para 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





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



requerimientos de precipitación, humedad relativa, temperatura, luminosidad, suelo y altitud (Dirección General de Competitividad Agraria, sd).

3.4.1. Precipitación

Paredes (2004), indica 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.

El mismo autor señala que 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. 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.

3.4.2. Temperatura

Según Paredes (Paredes, 2004), 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.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



3.4.3. 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 (Paredes, 2004).

3.4.4. Vientos

Gonzales (2019), 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.

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 (Gonzales, 2019).

Paredes (2004), 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.

3.4.5. 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





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



es un factor determinante como los factores climáticos y edafológicos en una plantación de cacao. 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 (Gonzales, 2019).

3.4.6. Luminosidad

Según la Compañía Nacional de Chocolate (2021), 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.

El mismo autor 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.

3.5. Requerimientos de suelos para el cultivo del cacao

3.5.1. Suelos

Paredes (2004), 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. Los suelos más apropiados para el cacao son los aluviales, ricos en materia orgánica, profundos, franco arcilloso, con buen drenaje y con topografía regular, mientras los suelos arenosos son poco recomendables





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



porque no permite la retención de humedad ni disponibilidad de nutrientes, los suelos de color negruzco son los mejores puesto que están menos lixiviados.

3.5.2. El Ph del suelo

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. 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 (Gonzales, 2019).

3.5.3. Topografía

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% (CIMMYT, 1988).

3.5.4. Reproducción de cacao

Batista (2009), 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 de habilidades especiales, como es la enjertación, mientras que la producción asexual ofrece una alta confiabilidad en la autenticidad de las características





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



genéticas que se desean multiplicar. Son de alta precocidad buenos rendimientos y sobre todo uniformidad en las características del producto deseado.

Según Paredes (2004), 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.

3.5.5. Variedades de cacao

July (2010) menciona 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.

El mismo autor 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 pentagona; 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





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



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:

- 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.

3.6. Beneficiado del cacao

La Compañía Nacional de Chocolate (2021), menciona que 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.

Por su parte Echeverri (2011), 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.

Según ACCESO (2009), afirma que 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.

El beneficiado constituye la parte decisiva para la obtención de una buena calidad del grano, comenzando por la cosecha, apertura de mazorcas fermentación, secado, limpieza y termina





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



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 (Quispe, 2010).

3.7. Procesos del beneficiado

3.7.1. Cosecha

Según July & Vargas (2010), 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.

CIPCA (2023), sostiene 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 semilla no germina dentro de las mazorcas.

Por su parte Enríquez (2010), menciona 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 6 meses después de la época de floración) los frutos semimaduros tienen el mucilago 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.

3.7.2. Quiebra

Según July & Vargas (2010), 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.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



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 (Quispe, 2010).

3.7.3. Fermentación

Según July & Vargas (2010), 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.

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 mucilago de la masa de las almendras sometidas al proceso teniendo como objetivo provocar la muerte del embrión de las almendras, eliminar el mucilago, 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.

La fermentación incluye dos procesos uno externo y otro interno. El primero consiste en la descomposición aeróbica del mucilago 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 (Bela, 2013).

Según el Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF (2016), 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





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



mucilago 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 estas descomponen los azúcares en alcohol.

3.7.4. Secado de grano de cacao

Una vez culminada 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 seca oportunamente el cacao adquiere un olor y sabor desagradable (Bela, 2013).

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 (Cubillos y otros, 2008).

Según Echeverri (2011), 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.

3.7.5. Métodos de secado

Bela (2013), 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





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



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.

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 (July & Vargas, 2010)

Batista, (2009) menciona que el secadero al aire es un sistema practico 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.

Según Gongora et al. (2023), 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.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



3.7.6. Proceso de secado

Según el INIAF (2016), 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. 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.

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 (Vásquez-García y otros, 2023).

Gongora et al (2023), 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.

3.8. Mallas para el secado

3.8.1. Malla milimétrica

Según TRUPER (2024), las Mallas mosquiteras plásticas verdes tienen las siguientes características:

- Fabricadas en polietileno de alta densidad máxima resistencia a la corrosión y rayos UV.
- Tejido más grueso, con orillas reforzadas.
- Prácticas y fáciles de manejar.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



- Previenen la entrada de insectos y mantienen los espacios frescos y ventilados.

3.8.2. Malla Sarán 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 (Jardínday, 2024).

3.8.3. Malla diamante

Para Globalpa (2023), la malla diamante está 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.

- Brinda secado homogéneo.
- Resistencia a la humedad.
- Su uso evita contaminación por contacto con el suelo.
- Filtra 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.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



3.9. Condiciones para el secado

3.9.1. Aire y Temperatura

Bela (2013), 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. 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.

Cuanto mayor sea la temperatura del medio de calentamiento, mayor será la transmisión de calor al alimento, para la eliminación de humedad. Afirmar el mismo autor, que cuanto más seco está el aire, mayor será la velocidad de secado y que, esta sequedad del aire determinará hasta qué punto se puede bajar el contenido de humedad del alimento que se está deshidratando (Sanchez y otros, 2022).

3.9.2. Humedad

La temperatura cumple una función doble al aumentar y producir la deshidratación, esta 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 (Sanchez y otros, 2022)

July & Vargas (2010), menciona 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.

3.9.3. Actividad de Agua

El agua 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





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



un equilibrio en la humedad y temperatura (Mejia & Palencia 2000, como se citó en Paucara, 2001).

3.10. Clasificación y Selección de grano

Según Echeverri (2011), 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 unas zarandas que nos ayuden a eliminar rastrojos, cáscaras, granos quebrados, picados, mohosos y pequeños.

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), es de un gramo por grano. Por esta razón es importante realizar una adecuada selección 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 (Gongora y otros, 2023).

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 (INIAF, 2016).

Según Quispe (2010), menciona que 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.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



3.10.1. Calidad del grano de Cacao

Según la norma IBNORCA (2008), las características físicas de una muestra de cacao de buena calidad son:

- Muestra de grano pizarroso máximo permitido es de 5%.
- Muestra de grano germinados máximo permitido es de 3%
- Muestra de grano violeta máximo permitido es de 7%
- Muestra de grano dañado por insectos máximo permitido es 3%
- Muestra de grano bien fermentado mínimo permitido es de 65%

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 libres de granos defectuosos (July & Vargas, 2010).

4. Materiales y métodos

4.1. Localización y coordenadas

El trabajo de investigación se realizó en la TCO Yuracaré, comunidad Santa Anita del municipio de Chimoré, provincia José Carrasco del departamento de Cochabamba, esta comunidad se encuentra en la orilla del río chapare, entre los paralelos 16°06'57" de latitud sur y 64°49'43" de longitud Oeste. El trabajo de investigación se implementó en el centro de acopio de grano de cacao silvestre en la comunidad Santa Anita.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Figura 1. Ubicación geográfica de la comunidad Santa Anita.

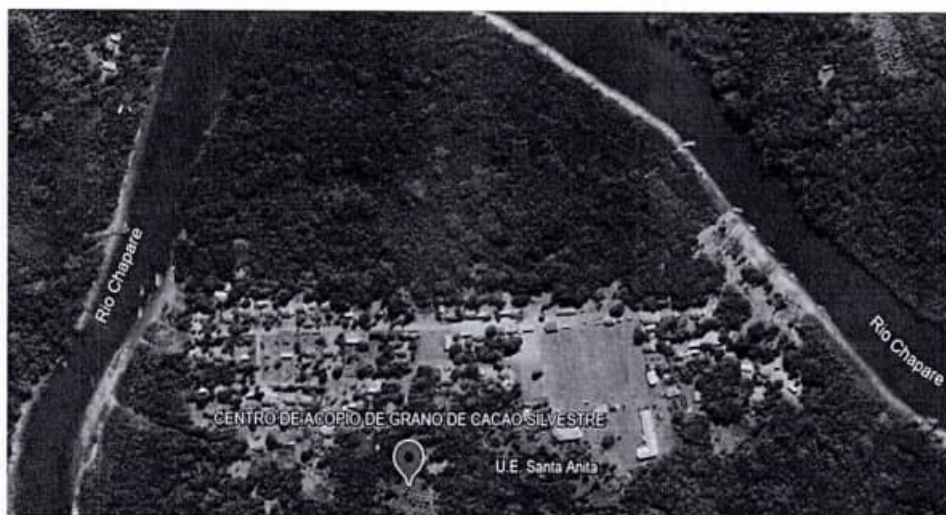


Tabla 4. Datos de la localización del estudio

Cultivo	Ensayo	Departamento	Provincia	Municipio	Sitio de ensayo	de Asociación
Cacao silvestre	Efecto de tres prototipos de secadores en las características físicas y organolépticas del grano de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.)	Cochabamba	Carrasco	Chimoré	Comunidad Santa Anita	ARCASY Asociación de Recolectores de Cacao Silvestre Yuracaré.



4.2. Materiales y/o población de estudio

4.2.1. Material de campo

Los materiales de campo fueron medidor de humedad, guillotina, tableros, refractómetro, ph metro, marco de secadores de cacao, malla (milimétrica, Sarán y diamantada), paleta de madera (para el volteo), sacos a colores



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



4.2.2. Material de gabinete

Los equipos y materiales de gabinete fueron: computadora, impresora, hojas bond, cámara digital, planillas

4.2.3. Insumo

Los granos de cacao sin fermentar y secar fue el único insumo requerido.

4.3. Metodología

4.3.1. Diseño metodológico

El trabajo de investigación se realizó bajo el enfoque metodológico cuantitativo, es decir la recolección, el resumen la ordenación, el análisis de los datos con los resultados obtenidos y la conclusión sobre la base de estos análisis, y con la estadística descriptiva y la decisión a tomar sobre la base de las conclusiones que se hará con la estadística inferencial; aplicando un análisis descriptivo, cuantitativo (distribución de frecuencias y análisis de varianza), por qué se evaluará tres prototipos de secadores de cacao.

Medir las variables de temperatura y humedad relativa en los tres ambientes de estudio (secador con mallas milimétrica, Sarán y Diamantada).

Medir el porcentaje de humedad que poseen los granos de cacao después del proceso de secado en los tres secadores.

Determinar las variables que se deben tomar en cuenta en el proceso de secado.

Para determinar las características físicas y organolépticas del grano de cacao silvestres, se procedió a la colecta de muestra de un kilo de grano seco de cada tratamiento para poder analizarlos en el laboratorio donde se procedió a evaluar la calidad de grano de cada tratamiento, donde se registraron humedad del grano, peso promedio de 5 granos, prueba de corte con la ayuda de la guillotina se partieron 50 gramos (bien fermentado, ligeramente violeta, violeta, sobre fermentado,





moho interno, pizarroso, dañado por insectos, grano múltiple, materia extraña, grano germinado) (IBNORCA, 2008).

Determinar los costos operativos de los diferentes tratamientos para el secado del grano de cacao, donde se realizó el presupuesto de cada tratamiento identificando los costos. Y establecer costos de beneficio de los diferentes tratamientos para el secado de grano de cacao silvestre.

4.3.2. 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 recolectan en la TCO Yuracaré, comunidad Santa Anita, municipio de Chimoré. Por lo tanto, la investigación se desarrolló de lo general a lo específico.

4.3.3. Tipo de estudio

El tipo de estudio es descriptivo, explicativo y exploratorio, ya que la investigación realiza un estudio descriptivo al fundamentar la 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, sarán y diamante.

Tabla 5. *Diseño de la investigación*

Tipo de estudio	Hipótesis	Diseño	Método
Descriptivo	Analizar el proceso de beneficiado de los granos de cacao, realizado en otros países productores de cacao.	Transversal	cualitativo





Exploratorio	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 el proceso de secado	experimental	cuantitativo

4.4. Diseño experimental

En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de la calidad del grano de cacao, donde se empleó el diseño completamente al azar (DCA) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones teniendo un total de 16 unidades experimentales.

4.4.1. Modelo estadístico

Modelo lineal aditivo que define a un diseño de completamente aleatorizado es el siguiente:

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

Y_{ij} = variable de 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 .

4.4.2. Tratamientos, unidad experimental

El tamaño de la muestra está representado por 400 kg de cacao fermentado distribuidos de a 25 kg por cada una de las 16 unidades experimentales para depositar en los cuatro tratamientos (Testigo, malla Sarán, malla milimétrica y malla diamantada).

4.4.3. Tratamientos

Tabla 6. Número de tratamiento por prototipo de secado





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



TRATAMIENTOS TIPOS DE SECADORA

T0 (Testigo)	Secadora corredizo con tarima madera
T1	Secadora con malla Sarán
T2	Secadora con malla milimétrica
T3	Secadora con malla diamantada

4.5. Croquis de ensayo

Medidas de los tratamientos

Ancho 1m

Largo 10 m

Medidas de la unidad experimental

Ancho 1 m

Largo 2.5 m

Tabla 7. Descripción de la parcela de investigación

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

4.6. Variables de estudio

4.6.1. Variables independientes

Temperatura de los días de secado

Humedad de los días de secado

Humedad de los granos

Temperatura de los granos

Peso de los granos

Tiempo de secado de los granos





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Textura de los granos

4.6.2. Variable dependiente

Calidad de granos de cacao

4.7. Recolección de datos de campo

Para la recolección de datos se registró desde el momento que se acopio los granos en baba en el centro de acopio en la comunidad de Santa Anita, los siguientes procesos fueron:

4.7.1. Acopio de grano en baba

Los granos de cacao silvestre en baba, fueron acopiados en el centro de acopio de la comunidad Santa Anita, donde se registró el peso de grano húmedo, como dato principal para determinar el tiempo de secado de grano seco.

4.7.2. Fermentación

El fermentado en el centro de acopio de la comunidad Santa Anita, se lo realiza de la manera tradicional con el colgado de los granos en yute, durante 2 días, después pasa al siguiente paso, donde se lo envuelve con plástico para el proceso de fermentado durante 4 días. Para pasar el proceso de secado en los secadores que fueron utilizados para esta investigación.

Todo este proceso se realizó, empleando la prueba de corte que consiste en partir 10 granos de cacao al azar y si 7 de 10 esta de color café, es un antecedente para sacar el grano de cacao a las secadoras.

4.8. Características de las secadoras

Tabla 8. *Características de las mesas secadoras de grano de cacao para ser evaluados en campo los granos de cacao silvestre.*

Medidas secadoras	de	Mesa de madera con milimétrica	Mesa de madera con malla	Mesa de madera con malla Sarán	Mesa de madera con malla diamante	Mesa de madera con tablas de madera
----------------------	----	--------------------------------------	-----------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Ancho de las	1.20	1	1.40	1.20
secadoras (m)				
Altura de las	1.30	1.30	1.30	1
secadoras (m)				
Largo de las	10	10	10	10
secadoras (m)				

4.8.1. Descripción del armazón de madera

La madera que se utilizó para el armado de la vigas y columnas de las mesas, fue la especie Ochoo (*Hura crepitans* L.) madera semi dura, los cuales fueron cortados por los propios comunarios, con la medida largo de la columna de 10 m, con un grosor de 1.5x5 pulgadas, y los pilares fue de 1.30 m de alto con un grosor de 3x4 pulgadas. La unión de las vigas, columnas y pilares fue con clavo de 4 pulgadas.

4.8.2. Descripción de las mallas

Malla Sarán. Las mallas sombreadoras (Sarán) es un tejido fabricado a partir de cintas polietileno de alta densidad, aditivo anti UV y una concentración de Masterbatch dependiendo del color de la tela, otorgándole resistencia a la acción de los rayos ultravioleta del sol, es muy favorable para el secado bajo sol y bajo galpones reduce la incidencia de basura en un 10 %. Para que la malla Sarán tenga una resistencia al peso del grano húmedo se utilizó malla gallinero en la parte de abajo como soporte para evitar el hundimiento por el peso de los granos en todo el proceso de secado del grano.

Malla diamante. Malla elaborada con resinas sintéticas, utilizadas para camas para secado de café, separación de materiales entre otros aditivos contra los rayos UV. Es favorable para el secado bajo sol y bajo galpones reduce la incidencia de basura en un 50%. Para el colocado de esta malla sobre el armazón no fue necesario utilizar la malla gallinero, solo utilizamos las columnas distribuidas cada metro.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Malla milimétrica. Malla plástica que tiene hilos verticales e 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 incidencia de basura en un 10%, para el colocado en el almacén para esta malla, también utilizamos malla gallinero para generar soporte y evitar el hundimiento que puede generar el peso del grano húmedo en todo el proceso de secado.

4.8.3. Registro de datos de temperatura y humedad relativa del ambiente

La temperatura y humedad relativa del ambiente, se registró 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 hrs durante todo el proceso de secado la temperatura ambiente en °C y la humedad relativa en %, con la que logramos obtener una media de $T = 31.7^{\circ}\text{C}$ y una $HR = 75.5\%$.

4.8.4. Registro de datos de humedad de grano

Se utilizó el instrumento de medición: SMART MISTURE METER (medidor de humedad inteligente TG pro). Con el que se obtuvo datos de las pérdidas diarias de la humedad del grano de cacao, hasta lograr la humedad recomendada de 7% de humedad.

4.8.5. Peso de grano de cacao

Utilizamos el instrumento de medición: MINI CRANE SCALE con el que se obtuvo los datos de pérdidas de pesos diarios de los granos de cacao.

4.8.6. Secado

Luego del proceso de fermentado se realizó la etapa de secado en donde logramos la reducción de humedad hasta un valor de 7%. Para las pruebas experimentales se pesó 25 Kg. de grano de cacao fermentado para cada tratamiento, los granos fueron tendidos con una capa de 3-4





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



cm de grosor para el primer día de secado en cada tratamiento, la remoción de los granos se realizó tres veces al día, para que el secado sea uniforme la remoción dura entre 1 a 1,5 horas, con este trabajo también logramos escarificar y seleccionar como placenta, mucílago, pedazos de cáscara y el separado de granos pegados entre sí, para lograr un grano de buena calidad con una buena presentación.

4.8.7. Evaluación física del grano

Luego del proceso de secado de los granos de cacao, se procedió con la evaluación física y para ello se tomaron muestras de cada una de las repeticiones de los cuatro tratamientos (malla diamante, malla sarán, malla milimétrica y mesa de madera), de 100 gramos de cacao seco.

5. Resultados y discusiones

Concluidos con la toma de datos de las variables de estudio se procedió con la tabulación y análisis mostrando los siguientes resultados:

5.1. Resultados de campo

5.1.1. Peso inicial y final de cacao

El peso inicial por tratamiento (muestra) fue de 25 Kg de cacao húmedo, posteriormente se realizó la medición de humedad hasta alcanzar el 7% y se obtuvo un peso final, los datos obtenidos fueron: malla sarán con 12.5 kg, malla milimétrica 13.2 Kg, y malla diamante de 11.8 Kg. y la secadora de madera con un registro de 13.6 Kg.



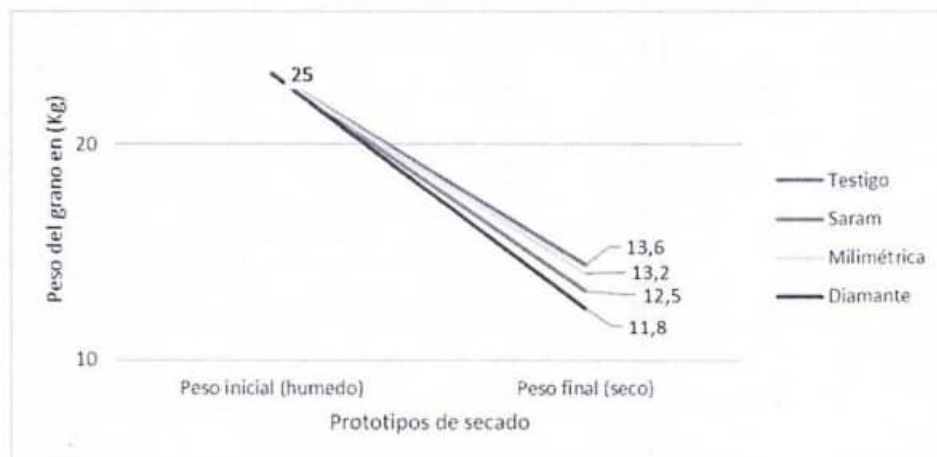


ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Figura 2. *Peso inicial y peso final después del secado de los granos de cacao*



En la figura 2 podemos observar que las muestras de cacao ingresaron con 25 Kg y para alcanzar la humedad del 7% las muestras obtuvieron diferentes pesos finales de cacao en grano seco. El testigo obtuvo mayor índice de conversión HÚMEDO/SECO de 0,54, es decir que de 2 kg de cacao húmedo obtendremos 1 kg de grano seco (2:1). Por otro lado, el que tuvo menor índice de conversión fue la malla diamante con una relación de 0,47 que representa que de 2 kg de cacao húmedo (masa de cacao) obtendremos 0,94 Kg de grano de cacao seco (2:0,9). Según Nogales (2017), el índice de conversión de baba a seco es de 0,38, el cual nos brindará un peso aproximado del grano de cacao seco. Este índice o valor varía de acuerdo al tipo de cacao, época del año, madurez del fruto cosechado y método de beneficiado, este índice tiene mucha importancia para la planificación y estimación de la producción (Nogales, 2017).

5.1.2. Pérdida de humedad y tiempo de secado del grano

El grano de cacao para ingresar al almacén debe contener un 7% de humedad, según los tratamientos aplicados, el testigo alcanzó una constante del 7% a las 112 horas, por su lado la malla Sarán secó en 102 horas, la malla milimétrica secó los granos de cacao a las 106 horas y la malla diamante a las 104 horas.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



El secado de cacao es una etapa importante para determinar la calidad del grano, se recomienda un secado natural y lento, en la figura 3 se observa que el secado tuvo una duración entre 4,3 a 4,7 días (102 a 112 horas) que se aproximan a los 4 días que se secan los granos en trabajos de beneficiado en el sector de Guanay en La Paz en cacao nativo (Calle, M., 2015).

Figura 3. Tiempo de secado en horas hasta alcanzar el 7% de humedad del grano de cacao

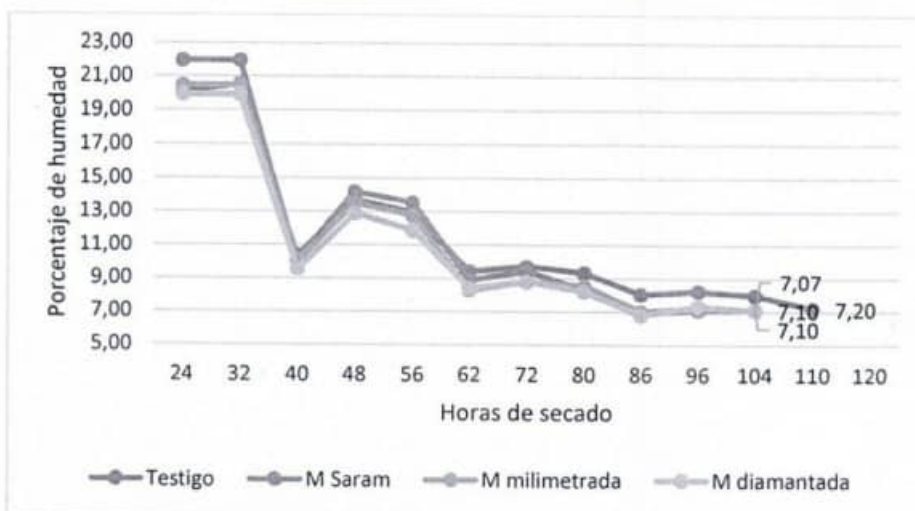


Tabla 9. Análisis estadístico de la pérdida de humedad diaria del grano de cacao

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Días	16	0,74	0,67	2,35

Tabla 10. Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I) de la pérdida de humedad diaria

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	208,50	3	69,50	11,19	0,0009
Tipo	208,50	3	69,50	11,19	0,0009
Error	74,50	12	6,21		
Total	283,00	15			

En la tabla se observó un CV= 2,35, lo que indica que la dispersión de datos es homogénea, datos menores a 10% indicando la confiabilidad de los datos colectados en campo permitiendo realizar los análisis posteriores respectivos con certeza.

El análisis de varianza a un nivel de significancia del 0.05 de los tratamientos con respecto a la variable "Días de secado" nos indica que existe diferencia estadística significativas entre los



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



tratamientos testigo (madera) con los tratamientos malla diamante, malla milimétrica y malla sarán.

La comparación de medias mediante el modelo Duncan describe la diferencia entre los tratamientos:

Tabla 11. Comparación de promedios Test: Duncan Alfa=0,05 de perdida de humedad del grano de cacao

Error: 6,2083 gl: 12

Tipo	Medias	n	E.E.	
Sarán	102,25	4	1,25	A
Diamante	104,50	4	1,25	A
Milimétrica	106,25	4	1,25	A
Testigo	112,00	4	1,25	B

Medias con una letra común no son significativa

En la prueba de medias Duncan se visualiza las diferentes agrupaciones de los tratamientos distribuidos de manera descendente agrupados en el grupo A con superioridad estadística se encuentra el tratamiento T0 (Testigo), con un promedio 112 horas donde alcanzó el 7% de humedad, de manera contraria el tratamiento T1 (malla sarán) con un promedio estadísticamente inferior con una media de 102,25 horas alcanzó el 7 % de humedad de grano.

No existe una diferencia significativa al 0.05 entre los tratamientos 1, 2 y 3 (malla Sarán, milimétrica y diamante) pero si una diferencia con relación al tratamiento 0 (testigo m

adera), posiblemente se atribuye el mayor número de horas al T0 por el tipo de plataforma (sin perforaciones) lo que perjudica a la circulación de aire que coadyuva en el secado de grano.

5.1.3. Características físicas del grano de cacao

Los resultados de análisis de calidad de grano de cacao silvestre de los cuatro tratamientos presentan las siguientes características:





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Descripción de los tipos de granos evaluados

Granos violetas: la principal característica de estos granos es el color violeta, además la superficie en el interior del grano no posee canales bien definidos.



Granos con insectos: posee dentro del interior en el grano larvas de insectos o los restos que se observan cuando perforan el grano de cacao.



Granos germinados: son las que tienen desarrollada la radícula o embrión, lo que provoca una mala fermentación y la entrada de hongos al quebrarse la raíz.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Grano pizarroso: el grano presenta forma compacta, no presentan ranuras en su interior y color característicos es gris oscuro y violeta.



Grano bien fermentado: se conoce como un grano sin defectos a los que cuentan con los surcos bien definidos y además cuentan con color café claro o café oscuro.



Tabla 12. Datos de las muestras según tratamientos

Datos	T1 M. Sarán	T2 M. Milimétrica	T3 M. Diamante	T0 (madera)	Testigo
Proveedor	ARCASY	ARCASY	ARCASY	ARCASY	
Fecha	30/09/2023	30/09/2023	30/09/2023	30/09/2023	
Cosecha septiembre	abril- SI	SI	SI	SI	
Tipo de cacao	Silvestre	Silvestre	Silvestre	Silvestre	
Certificación orgánica	SI	SI	SI	SI	
Humedad del grano	7.9 %	7.7 %	7.5 %	8.0 %	





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Instituto Nacional de Innovación
Agropecuaria y Forestal

Peso promedio de 5 granos 0.73 gr

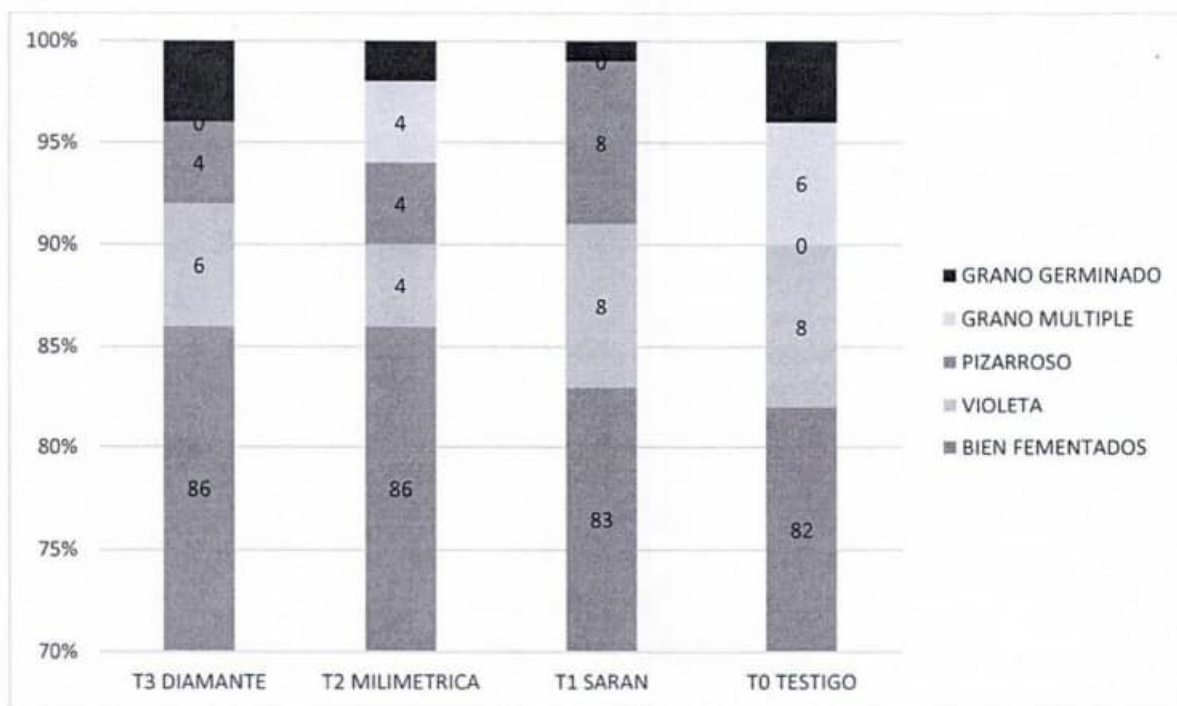
0.68 gr

0.70 gr

0.72 g

Datos que se registraron para el análisis de calidad de cada tratamiento donde indica los datos que se debe considerar para tener una base de datos para su comercialización.

Figura 4. Características físicas de los granos de cacao según tratamientos



Evaluación física del grano bien fermentado. Los granos bien fermentados influyen directamente con el sabor del chocolate que a partir de ellos se obtiene. Bela (2013), menciona que un grano bien fermentado presenta una textura quebradiza y un grano de textura compacta es resultado de un proceso rápido de secado y fermentado. El tratamiento T0 Testigo presentó un 82% de granos fermentados, en cambio el T3 y el T2 presentan un 86% de granos fermentados, los mal altos en comparación a los otros tratamientos, y el T1 malla Sarán presenta un 83% de granos bien fermentados.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Coefficiente de variación de grano fermentado. El coeficiente de Variación de la variable granos es 0,97 que se entiende como una variación muy baja.

Tabla 13. *Coefficiente de variación de la variable grano fermentado*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Fermentado	16	0,86	0,83	0,97

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I). El análisis de varianza de la variable grano fermentado nos indica que existe diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. La prueba de Duncan ($p > 0,05$) nos muestra que las medias de los tratamientos T0 y T1 son semejantes y se diferencian de las muestras de los tratamientos T2 y T3, ambas con un promedio de 86%.

Tabla 14. *Análisis de varianza de la variable grano fermentado*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	51,00	3	17,00	25,50	<0,0001
Tipo	51,00	3	17,00	25,50	<0,0001
Error	8,00	12	0,67		
Total	59,00	15			

Tabla 15. *Test de Duncan de la variable grano fermentado*

Tipo	Medias	n	E.E.	
Testigo	82,00	4	0,41	A
Sarán	83,00	4	0,41	A
Milimétrica	86,00	4	0,41	B
Diamante	86,00	4	0,41	B

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

Evaluación física grano violeta. La evaluación física del grano de cacao con relación al porcentaje de grano violeta, nos muestra que existen diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos. A mayor porcentaje de grano violeta, se reduce la calidad del grano de cacao por presentar sabores ácidos y astringentes. Según IBNORCA (2008), el porcentaje de grano violeta en muestras de cacao no debe superar el 7%.

Coefficiente de variación de grano violeta. El coeficiente de Variación de la variable granos es 12,56 que se entiende como una baja variabilidad.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Tabla 16. *Coefficiente de variación de la variable grano violeta*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%Violeta	16	0,85	0,81	12,56

Tabla 17. *Análisis de varianza de la variable grano violeta*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	44,00	3	14,67	22,00	<0,0001
Tipo	44,00	3	14,67	22,00	<0,0001
Error	8,00	12	0,67		
Total	52,00	15			

Existen diferencias significativas ($p > 0,05$) en la característica física del grano “grano violeta”. Podemos observar que los tratamientos que obtuvieron el mayor promedio de grano violeta son el testigo (madera) y la malla Sarán con un promedio de 8% de grano violeta. Por otro lado, el tratamiento de malla diamante obtuvo en promedio el 6% de grano violeta y la malla milimétrica alcanzó el menor porcentaje de grano violeta el 4%.

Tabla 18. *Test de Duncan ($\alpha=0,05$) de la variable grano violeta*

Error: 0,6667 gl: 12

Tipo	Medias	n	E.E.	
Milimétrica	4,00	4	0,41	A
Diamante	6,00	4	0,41	B
Testigo	8,00	4	0,41	C
Sarán	8,00	4	0,41	C

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

Evaluación física grano pizarroso. El coeficiente de Variación de la variable granos es 15,49 que se entiende como una baja variabilidad.

Tabla 19. *Coefficiente de variación de la variable grano pizarroso*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Pizarroso	16	0,96	0,96	15,49

Tabla 20. *Análisis de varianza de la variable grano pizarroso*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	128,19	3	42,73	107,95	<0,0001
Tipo	128,19	3	42,73	107,95	<0,0001
Error	4,75	12	0,40		
Total	132,94	15			





Existen diferencias significativas en las características físicas de los granos relacionados al porcentaje de grano pizarroso. La prueba de medias nos indica que el tipo de secado que genera el mayor porcentaje de granos pizarrosos es la malla Sarán, su promedio es de 8%. Las secadoras de tipo milimétrica y diamante son las que obtuvieron un porcentaje en promedio de 4% de granos pizarrosos, mientras que el testigo (secadora de madera) es la que obtuvo 0% de granos pizarrosos (como nos muestra la tabla 21).

Tabla 21. *Test de Duncan de la variable grano pizarroso*

Tipo	Medias	n	E.E.	
Testigo	0,00	4	0,31	A
Milimétrica	4,00	4	0,31	B
Diamante	4,25	4	0,31	B
Sarán	8,00	4	0,31	C

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

Evaluación física del grano germinado. El coeficiente de Variación de la variable porcentaje de grano germinado es 40,82 que se entiende como una alta variabilidad.

Tabla 22. *Coeficiente de variación de la variable grano germinado*

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
%germina	16	0,75	0,69	40,82

Tabla 23. *Análisis de varianza de la variable grano germinado*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	24,00	3	8,00	12,00	0,0006
Tipo	24,00	3	8,00	12,00	0,0006
Error	8,00	12	0,67		
Total	32,00	15			

Con relación a la variable porcentaje de grano germinado existen diferencias significativas entre los tratamientos malla diamante, Sarán y milimétrica con el tratamiento testigo. El análisis de medias de Duncan ($p > 0,05$) nos muestra que los tratamientos: malla diamante y malla Sarán, obtuvieron el 1% de grano violeta, mientras que la malla milimétrica logró el 2% y el tratamiento que alcanzó el mayor porcentaje de grano violeta con un promedio del 4% fue el testigo.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Tabla 24. *Test de Duncan de la variable grano germinado*

Tipo	Medias	n	E.E.	
Diamante	1,00	4	0,41	A
Sarán	1,00	4	0,41	A
Milimétrica	2,00	4	0,41	A
Testigo	4,00	4	0,41	B

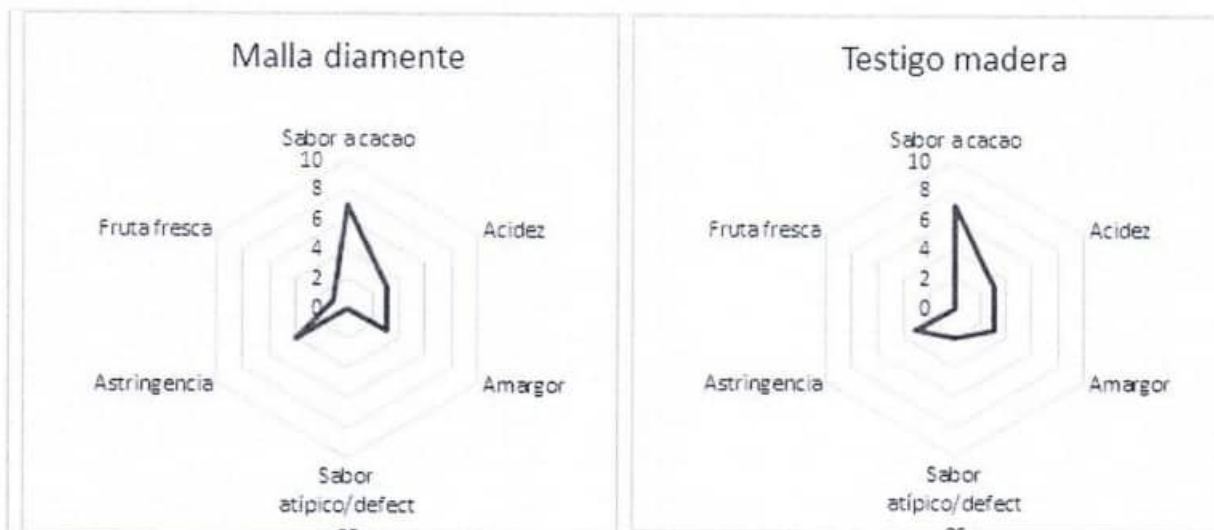
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

5.1.4. Características organolépticas del grano

Análisis organoléptico de cacao

La evaluación organoléptica del grano de cacao evaluados de los cuatro tratamientos, donde se registró el sabor a cacao es alta en los tratamientos T0, T1 y T2 (testigo, Sarán y milimétricas) y el tratamiento T3 (diamante) se identificó que tiene un sabor a cacao alto.

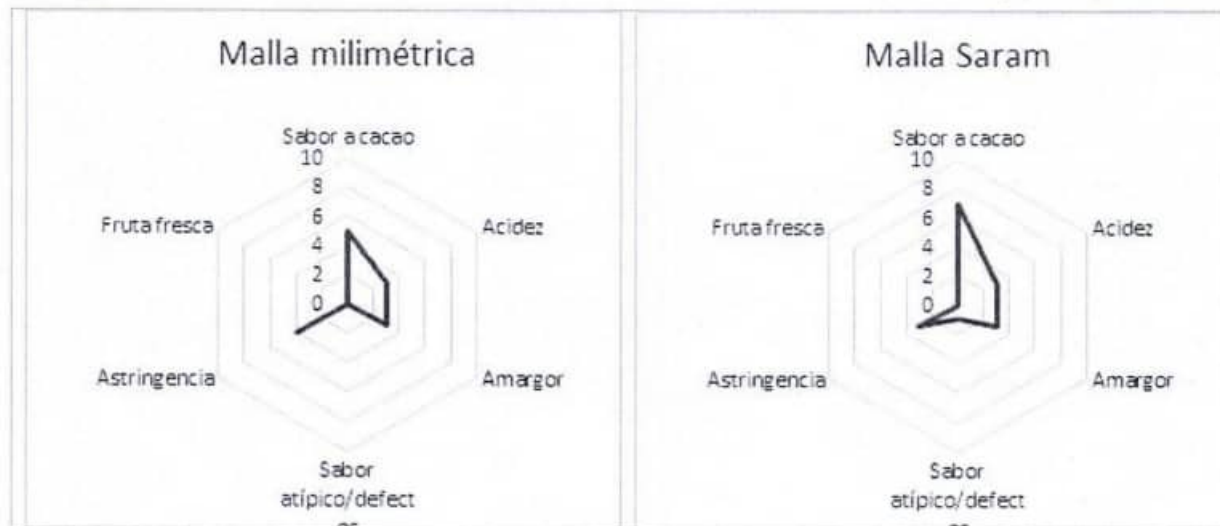
Figura 5. *Representación gráfica de las características organolépticas de las muestras de cacao provenientes de los cuatro tratamientos.*





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



El registro de acidez de las muestras de grano de cacao secado en los cuatro tratamientos es ligeramente ácidos. Así como la amargura de los granos en los cuatro tratamientos se registraron que son granos ligeramente amargos.

El registro de aroma y sabor indeseable de los granos en los cuatro tratamientos se identificó que no presentaron otro sabores y aromas.

Tabla 25. Calificación de los tratamientos con base a Cacao of Excelencia

ANÁLISIS ORGANOLÉPTICA	Malla diamante	Malla milimétrica	Malla Sarán	Testigo madera
Sabor a cacao	7	5	7	7
Acidez	3	3	3	3
Amargor	3	3	3	3
Sabor atípico/defectos	0	0	1	2
Astringencia	4	4	3	3
Fruta fresca	1	0	0	0
Vegetal	0	0	0	0
Puntuación general	7a	6a	6a	6a

La puntuación general, según la tabla 25, nos muestra que no existen diferencias en comparación con la media DUNCAN, sin embargo, la malla diamante alcanzó por un punto el dato





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



más elevado, considerando la evaluación descrita para el análisis de granos en pasta en el salón de chocolate (Cacao de Excelencia, 2023).

5.1.5. Análisis económico y costo/beneficio

Se establecieron los costos por tratamiento para establecer el costo de secado por kilogramo de cacao (AGRITERRA, 2019). Los costos que más influyeron en el costo por kilo fue el jornal invertido al momento de la construcción de la secadora y el costo de material de la plataforma de secado.

Tabla 26. *Cálculo de relación costo/beneficio por tratamiento en bolivianos (Bs.).*

Detalle	T3 Malla diamante	T2 Malla Milimétrica	T1 Malla Sarán	T0 Madera (Testigo)
Costos variables				
Mano de obra	1107	1200	1200	1500
Materiales	1066	706	680	1016
Herramientas	640	640	640	640
Costo fijo				
Salario administrador	5000	5000	5000	5000
Salario operario	2500	2500	2500	2500
Energía eléctrica	0	0	0	0
Ingreso				
Porcentaje de humedad	7%	7%	7%	7%
Precio de grano seco por kg en el lugar	20	17	17	17
Total de granos secos kg	11.8	13.2	12.5	13.6
Total de granos secos kg	11.8	13.2	12.5	13.6
Costo total	2813	2546	2520	3156
Operación por año (días)	150	150	150	150
Granos secados (kg)	411.6	450	446.4	443.4
Ingreso por kg de grano seco	8232.6	7650.0	7589.3	7539.1
Relacion costo/beneficio	0.34	0.33	0.33	0.42





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



Costos totales

En la tabla 26 se detalla los costos totales en el que influye en la construcción de cada uno de las mesas (tratamientos) con un total de 2813 en el tratamiento T3, T2 con 2546, T1 con 2520 y el T0 testigo con 3156 bs.

Ingresos

Para la determinación de los ingresos se observó que en cada tratamiento el tiempo de secado y los kilos de granos secos, y estos fueron determinados por los 150 días que va operar cada tratamientos, donde se registra el ingreso mayor es en el T3 con 8232.6 bs y el T0 de 7539.1 bs

Relación costo/beneficio

La relación costo/beneficio es un indicador que permite evaluar la rentabilidad de un proyecto o inversión. Algunos puntos clave:

Si la relación es menor a 1, significa que los beneficios superan a los costos, por lo que el proyecto es rentable.

Si la relación es igual a 1, significa que los costos y beneficios se igualan, por lo que el proyecto es indiferente.

Si la relación es mayor a 1, significa que los costos superan a los beneficios, por lo que el proyecto no es rentable.

Mientras más bajo sea el valor de la relación costo/beneficio, más rentable será el proyecto. Este indicador es muy útil para comparar la rentabilidad de diferentes alternativas de inversión o proyectos.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



según nuestros resultados por tratamiento los cuatro indican que los beneficios superan a los costos por lo que el proyecto es rentable porque nuestros resultados es menor a 1.

6. Conclusiones

De acuerdo de los resultados respondiendo a los objetivos específicos se puede describir las siguientes conclusiones:

El tiempo de secado de los granos de cacao silvestre evaluados iniciaron con un peso de 25 kg de material húmedo y se secó hasta alcanzar el 7% de humedad. El testigo (tratamiento con madera) fue la que logró el mayor índice de conversión 0,54. El testigo obtuvo en promedio 112 horas para secar el cacao hasta el 7% de humedad, en los otros tratamientos no hubo una diferencia significativa en el tiempo de secado. Los tratamientos de malla Sarán y diamante obtuvieron el menor tiempo de secado de cacao con 102 y 104 respectivamente.

Las condiciones climáticas esos días de ensayo se registraron de 28 a 32 °C los cuales ayudaron para que el tiempo de secado no sobrepase los 5 días, con porcentajes de humedad de 6.5 a 7.2% de humedad.

Los análisis de calidad física del grano de cacao silvestre secado en los cuatro tratamientos registraron que la malla diamante y milimétrica obtuvieron el mayor porcentaje de grano fermentado, considerando que un grano fermentado es un indicador de la mejor calidad del grano. Al mismo tiempo, ambos tratamientos también obtuvieron los menores porcentajes de grano violeta, que es un factor positivo en la calidad del grano de cacao. Por tanto, existe una diferencia significativa de la malla diamante y milimétrica con los otros dos tratamientos (testigo y Sarán) con relación a las características físicas del grano.

Con relación al análisis organoléptico, podemos observar que no hay diferencias significativas en el puntaje global entre tratamientos, sin embargo, tomando en cuenta el sabor a





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



cacao, que es un factor importante en la calidad, y defectos o sabores atípicos, que es un factor negativo en la calidad, podemos observar que la malla diamante y malla milimétrica presentan las condiciones para un grano de calidad. El puntaje final de la malla diamante es de 7 superando los 6 alcanzados por los otros tratamientos.

con relación al costo/beneficio de cada tratamiento, indican que son rentables porque nuestro valor de relación son menores a 1, los cálculos se realizaron a la cantidad de grano seco obtenido por cada tratamiento por el tiempo de secado, y el tiempo de operación en el año es de 150 días donde se determina el total de kilos secado y el ingreso total de la cantidad de grano secado.

7. Recomendaciones

Se pudo observar que el costo y la calidad son factores importantes al momento de decidir la mejor alternativa para el secado, si bien la malla diamante fue el tercero en costo, fue la que mejor calidad logró en el secado, por tanto, se recomienda implementar la malla diamante para el secado de grano de cacao silvestre para mejorar la calidad física del grano.

Generar investigaciones que ayuden a generar un protocolo del proceso de fermentado de los granos de cacao silvestre, porque este proceso es la actividad principal para poder secar granos de muy buena calidad, para hacer la transformación y elaboración de un buen chocolate.

Continuar con las evaluaciones del secado utilizando la malla diamante aplicando tiempos de remoción, grosor de secado y techos para la cubierta, de esta forma mejorar la calidad y reducir los costos de producción en el beneficiado del cacao silvestre.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



8. Bibliografía

- ACCESO. (2009). *Tecnologías de Producción de Cacao en Bolivia*. (W. July, M. Vargas, J. Chávez, & J. Mansilla, Edits.) La Paz, Bolivia: Comité Nacional de Coordinación del Programa ACCESO en Bolivia.
- AGRITERRA. (2019). *Modelo de manejo de registro y toma de decisiones emprendedoras, productores y productoras de cacao orgánico*. www.agriterra.org. La Paz: AGRITERRA. Recuperado el 2024
- Angulo T., P. (2020). *Comportamiento de cuatro clones de cacao (Theobroma cacao L) sobre diferentes patrones, en fase de vivero, Tingo María - Castillo Grande*. Tingo María, Perú: Facultad de Recursos Naturales Renovables - Universidad Nacional Agraria de la Selva. Obtenido de unas.edu.pe
- Batista, L. (2009). <http://www.ceid.gov.do>. Recuperado el 19 de julio de 2023, de http://www.ceid.gov.do/estudios_economicos/estudios_productos/perfiles/CACAO.pdf.
- Bazoberry, O., & Salazar, C. (2008). *El cacao en Bolivia, una alternativa económica de base campesina indígena* (Andrea Flores ed.). La Paz, Bolivia: Centro de Investigación y Promoción del Campesinado - CIPCA. Obtenido de www.cipca.org.bo
- Bela, L. (2013). *Evaluación de tres tipos de secado en la calidad del grano de cacao (Theobroma cacao L.) en la Estación Experimental de Sapecho - La Paz*. La Paz, Bolivia: Facultad de Agronomía - Universidad Mayor de San Andres.
- Cacao de Excelencia. (2023). *Guía para la evaluación de la calidad y el sabor del cacao*. (B. Laliberté, D. Alvarado, N. Villaseñor, & S. Fusi, Edits.) Francia: Compilado por el programa Cacao de Excelencia de la Alianza de Bioversity International y CIAT. Obtenido de <https://www.cacaoofexcellence.org/>
- Calle, M., G. J. (2015). *Evaluación socioeconómica de la producción sostenible del cultivo de Cacao Nacional Boliviano (Theobroma cacao L.) en la Asociación Chocoleco, Municipio de Guanay*. Bolivia: Facultad de Agronomía - Universidad Mayor de San Andres.
- Centro de Investigación y Promoción del Campesino - CIPCA. (24 de 10 de 2023). <https://cipca.org.bo/>. (S. Laura, Productor) Obtenido de <https://cipca.org.bo/noticias/investigacion-de-cipca-muestra-la-diversidad-genetica-promisoria-del-cacao-nativo-amazonico-silvestre-y-cultivado-en-la-amazonia-boliviana>
- CIMMYT. (1988). *La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: un manual metodológico de evaluación económica*. México: CIMMYT.
- Compañía Nacional de Chocolate. (Abril de 2021). <https://chocolates.com.co>. (C. N. Colombia, Ed.) Obtenido de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2021/12/AF-FOLLETO-ORIGEN-BOTANICA-Y-GENERALIDADES-1.pdf>
- Cruz Ch., D., & Maldonado, C. (2020). *Enfermedades fitopatológicas de importancia económica del cultivo de cacao en Bolivia* (112 ed.). La Paz, Bolivia: IIAREN.
- Cubillos, G., Merizalde, G., & Correa, E. (2008). *Manual de beneficiado del cacao*. Antioquia, Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. Obtenido de https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2024/02/manual_beneficio_cacao.pdf





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



- Dirección General de Competitividad Agraria. (sd). <https://cadenacacaoca.info/>. (P. Ministerio de Agricultura, Ed.) Recuperado el 2024, de https://cadenacacaoca.info/CDOC-Deployment/documentos/condiciones_agroclimaticas_cacao.pdf
- Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M., & Weigend, M. (2012). <https://www.researchgate.net/>. Obtenido de https://www.researchgate.net/signup.SignUp.html?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InBIYmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InBIYmxpY2F0aW9uIn19
- Echeverri, J. (2011). Módulo 8: el beneficiado del cacao y la calidad. En *Tecnología moderna en la producción de cacao* (pág. 176). Costa Rica.
- Enriquez, G. (2010). <http://repositorio.iniap.gob.ec>. (E. I. Quito, Ed.) Recuperado el 2024, de <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4571>
- Gárate, N., M. A., Paz, U., J. L., & Delgado, H., H. (2020). *Técnicas de propagación de cacao (Theobroma cacao L.)*. (G. R. Martín, Ed.) Tarapoto, Perú: Ampliación y mejoramiento de los servicios de apoyo al desarrollo productivo de la Cadena del Cacao a los productores en la Región San Martín. Obtenido de www.drasam.gob.pe
- Globalpa. (Noviembre de 2023). <https://www.globalpa.com/>. Obtenido de Globalpa - Agricultura Avanzada: <https://www.globalpa.com/productos/malla-diamante/>
- Gongora, A., Morales, F., Trujillo, J., & Torres, M. (2023). Caracterización de los procesos en el beneficiado del cacao (*Theobroma cacao L.*) en producciones a pequeña escala en el municipio de Guamal del Piedemonte llanero colombiano. *TecnoLógicas*, 26(57), 15. Recuperado el 2024, de <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v26n57/2256-5337-teclo-26-57-e201.pdf>
- Gonzales, A. (Julio de 2019). <http://ri.uaemex.mx/>. (U. A. Facultad de Ciencias Agrícolas, Ed.) Recuperado el 2024, de http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108871/secme-2539_1.pdf?sequence=1
- IBNORCA. (2008). <https://www.wibnorca.org/>. (Comité Cacao y productos derivados, Ed.) Recuperado el 2024, de <https://www.ibnorca.org/tienda/catalogo/detalle-norma/nb-326012:2008-nid=1182-3>
- IBNORCA. (11 de diciembre de 2008). <https://www.wibnorca.org/>. (Comité Cacao y productos derivados, Ed.) Recuperado el 2024, de <https://www.ibnorca.org/tienda/catalogo/detalle-norma/nb-326011:2008-nid=1181-3>
- IICA. (2007). Promoviendo la Cooperación Técnica Horizontal. Costa Rica, san José. Obtenido de <http://repiica.iica.int/docs/B0732e/B0732e.pdf>
- INIAF, Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria Y Forestal. (2016). *Manual de Manejo de Cacao*. La Paz, Alto Beni, Bolivia.
- Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF. (2016). *Genotipos de Cacao en Alto Beni - Bolivia*. (C. Maldonado, J. Quispe, S. Condori, & E. Pérez, Edits.) La Paz, Bolivia: Estación Experimental Sapecho, Facultad de Agronomía - UMSA, PIAF EL CEIBO.





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



- Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal - INIAF. (2016). *Manual de manejo de cacao*. (J. Quispe, E. Pérez, S. Condori, M. Arana, & C. Maldonado, Edits.) La Paz, Bolivia: PIAF EL CEIBO, Estación Experimental Sapecho, Facultad de Agronomía - UMSA.
- International Cocoa Organizatio - ICCO. (2024). <https://www.icco.org>. Obtenido de <https://www.icco.org/statistics/>
- jardinday. (Febrero de 2024). <https://jardinday.com/>. Obtenido de https://jardinday.com/comprar/mallas-plasticas/mallas_de_sombreo/
- July, W., & Vargas, V. (2010). Beneficiado de cacao. En W. July (Ed.), *Manual para la producción orgánica de cacao en Bolivia* (pág. 99). La Paz: Intercooperation - Concertar, mediante la Mancomunidad de Municipios del Norte Paceño Tropical. Recuperado el 2024
- Matos, K. (2023). Guía del cultivo de cacao. (D. G. Agropecuarios, Ed.) República Dominicana. Obtenido de <https://digera.gob.do/wp-content/uploads/2023/07/Guia-de-Cultivo-Cacao-1.pdf>
- Moreno, Y. (2018). <https://es.scribd.com/>. Recuperado el 2 de enero de 2024, de <https://es.scribd.com/document/482793294/Cacao-salud-y-nutricion-Caracas-2018>
- Municipio.com.bo. (2024). <https://www.municipio.com.bo>. Recuperado el 09 de enero de 2024, de <https://www.municipio.com.bo/municipio-chimore.html>
- Nogales, J. (23 de agosto de 2017). <https://poscosechacacao.com/>. Obtenido de <https://poscosechacacao.com/2017/08/rendimiento-en-cacao>
- Paredes, M. (2004). *Manual del cultivo del cacao*. Perú: Ministerio de Agricultura - Programa para el Desarrollo de la Amazonía.
- Paucara, P. (2011). *Mejora de la calidad del grano de cacao (Theobroma cacao L) fermentado mediante el uso de técnicas de amortiguación ante cambios bruscos de temperatura en la zona de Sapecho, Alto Beni*. La Paz, Bolivia: Facultad de Agronomía - Universidad Mayor de San Andres. Recuperado el 2023, de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/10230/T-1563.pdf>
- Peralta, C., Copa, A., Rousseau, A., & Teco, H. (2022). *Caracterización morfoagronómica e identificación de genotipos promisorios de cacao nativo amazónico silvestre y cultivado*. Bolivia: Centro de Investigación y Promoción del Campesino - CIPCA.
- Quispe, J. (2010). *Manual: Calidad y Manejo Post Cosecha del Grano de Cacao*. (W. July, Ed.) La Paz, Bolivia: Intercooperation - Concertar, mediante la Mancomunidad de Municipios del Norte Paceño Tropical.
- Quispe, J. (2023). Situación de la cacaocultura en Bolivia. (C. Bautista, Entrevistador)
- Sanchez, N., Ramirez, D., Santana, F., & Bravo, R. (2022). Importancia del secado de semilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) para la industria. *MQRInvestigar*, 6(1), 142. Recuperado el 2024, de <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
- TRUPER. (Enero de 2024). <https://www.truper.com/>. Obtenido de https://www.truper.com/ficha_tecnica/Mallas-mosquiteras-plasticas-grises-30-m.html





ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE
DESARROLLO RURAL Y TIERRAS



- Vásquez-García, J., Malqui, R., & Vilca, N. (2023). Manual de Manejo Agronómico de Cacao. (I. N. INIA, Ed.) Lima, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12955/2105>
- Yuly, W. (2007). *Caracterización morfológica y molecular del Cacao Nacional Boliviano y de selecciones élites del Alto Beni, Bolivia*. Tesis de grado. Costa Rica. CATIE. doi:<http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A1666e/A1666e.pdf>

