

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



INFORME DE INGENIERÍA

**“IMPORTANCIA DEL SECADO SOLAR PARA LA OBTENCIÓN DE
GRANOS DE CACAO DE CALIDAD”**

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

Presentado por el Bachiller:

TEDI TAPULLIMA GUERRA

Tarapoto – Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN –TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



INFORME DE INGENIERÍA

**“IMPORTANCIA DEL SECADO SOLAR PARA LA OBTENCIÓN DE
GRANOS DE CACAO DE CALIDAD”**

**Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**Presentado por el Bachiller:
TEDI TAPULLIMA GUERRA**

SUSTENTADO Y APROBADO ANTE EL SIGUIENTE JURADO:

Dr. Oscar Wilfredo Mendieta Taboada
PRESIDENTE

Ing° Arbel Dávila Rivera
SECRETARIO

Ing° Luis Santiago Rocha Díaz
MIEMBRO

Ing°. M.Sc. Epifanio Efraín Martínez Mena
ASESOR

Tarapoto – Perú

2015

Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Tapullima Guerra Tedi		
Código de alumno :	052175	Teléfono:	954855808
Correo electrónico :	tetague_17@hotmail.com	DNI:	43941635

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Agroindustrial
Escuela Profesional de:	Ingeniería Agroindustrial

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	()	Trabajo de investigación	(X)
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Importancia del Secado Solar para la obtención de granos de cacao de calidad
Año de publicación:	2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

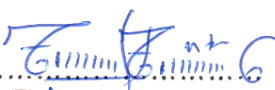
7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado por la Biblioteca Central

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

14 / 12 / 2017




.....
Prof. Alicia Mercedes Grández Chávez
JEFE DE LA UNIDAD DE BIBLIOTECA CENTRAL
.....

Firma de Unidad de Biblioteca

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este presente trabajo muy especial a Dios por permitirme vivir la vida sano y salvo, por darme la fuerza necesaria para vencer los obstáculos que se me presentaron en el camino y por permitirme tenerlos al lado a mis padres y hermanos que siempre estuvieron a mi lado, apoyándome en los momentos que más los necesitaba y ayudándome a cumplir con mis metas establecidas

También va dedicada muy especial a mis tíos que desde el primer momento confiaron en mi para poder desarrollar mis estudios superiores y que por todos ellos logre culminar el camino que comencé y no los defraude, por ser mi aliento que me dieron ánimo para seguir adelante y por sus consejos, que siempre perduraran en mi durante y toda la vida las quiero tío.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por haberme dado la vida, por permitirme conocer el mundo maravilloso que me rodea, por darme la oportunidad de tenerlos a mis padres y mis hermanos a mi lado que fueron alentándome para seguir adelante y por abrirme los ojos con sus frases de que todo camino tiene su comienzo y su final y por ellos logre llegar hasta el final; y por brindarme la tenacidad para lograr mis metas.

Al Ingeniero: M.Sc. **EPIFANIO EFRAÍN MARTÍNEZ MENA**, asesor del presente trabajo monográfico por sus orientaciones y consejos.

Muy especialmente, agradezco a mis padres y hermanos que me brindaron su apoyo en todo momento que estaré agradecido eternamente para toda la vida y que su apoyo y confianza que me dieron los sabré corresponder los quiero con todo corazón.

Para todos ellos muchas gracias

TEDI TAPULLIMA GUERRA

Bachiller en Ingeniería Agroindustrial

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla una búsqueda retrospectiva de la importancia que tiene el secado solar en la obtención de granos de cacao de calidad, ya que cuenta con la energía solar disponible, limpia y por consiguiente amigable con el medio ambiente. La recopilación de información permitió conocer los tipos de secado de cacao que se utilizan, también la influencia y los efectos que ocasionan el secado solar en los granos de cacao, además las ventajas que ofrece con respecto a la calidad.

En la primera parte de este trabajo, se presenta una breve introducción a las generalidades del cultivo de cacao, empezando por conocer sobre su origen, características, técnicas, así como sus variedades, continuando con el capítulo dos donde se grafica la situación del cultivo del cacao en el Perú y la región en términos de zonas de producción volumen producido y superficies cosechadas, con una clara tendencia creciente en un futuro próximo.

En la segunda parte comprendida en los capítulos tres y cuatro, se muestran los tipos de secado que se usan en la actualidad, como son secado artificial y secado natural; es decir entender mejor el proceso de transformación a la que se someten los granos, continuando con la difusión de la importancia que constituye y las ventajas que ofrece el método de secado natural usando la energía solar en términos de obtener granos de cacao de alta calidad.

En la tercera y última parte mostrada en los capítulos cinco y seis, se presenta el análisis y las discusiones de toda la información recopilada, seguido por las conclusiones y recomendaciones basadas en el desarrollo del trabajo.

PALABRAS CLAVES: Theobroma cacao, cacao, granos, granos-secado, secado, secado natural.

SUMMARY

This paper develops a literature review of the importance of solar drying in obtaining quality cocoa beans, as we have available solar energy, clean and friendly to the environment accordingly. The collection of information allowed us to know the types of drying are used, the influence and effects that cause the solar drying cocoa beans, plus the advantages offered with respect to quality.

Is a brief introduction to the generalities of the cocoa crop in the first part of this work outlined in chapter one, beginning with known technical characteristics of its origin and its varieties, continuing chapter two where we plot the situation cocoa in Peru and the region in terms of production areas and harvested volume produced, with a clear upward trend in the near future.

The second part included in Chapter three and four drying types are used at present, such as natural drying and artificial drying are shown; ie better understand the process of transformation to the grains, continuing spreading the importance is and the benefits of the natural drying method using solar energy in terms of getting cocoa beans quality submit.

In the third and final part shown in chapter five and six, the analysis and discussion of all the information collected, followed by the conclusions and recommendations based on the development of the work presented.

KEY WORDS: Theobroma cacao, cocoa, grains, grains-drying, drying, natural drying.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RESUMEN	v
SUMMARY	vi
INDICE GENERAL	vii
INDICE DE CUADROS	x
INDICE DE FIGURAS	xi
INTRODUCCIÓN	01
Objetivos	02
CAPITULO I: EL CACAO	03
1.1. Cacao	03
1.2. Origen	03
1.3. Características Técnicas	04
1.3.1 Descripción taxonómica	04
1.3.2 Descripción botánica	05
1.4. Composición Química del Cacao	10
1.5. Variedades del cacao	11
1.5.1. El criollo o nativo	12
1.5.1.1. Nombre varietal porcelana	12
1.5.1.2. Nombre varietal chuncho	12
1.5.2. Cultivos trinitarios	13
1.5.2.1. Nombre varietal ICS – 1	13
1.5.2.2. Nombre varietal ICS – 6	14
1.5.2.3 Nombre varietal ICS – 39	14
1.5.2.4. Nombre varietal ICS – 60	15
1.5.2.5. Nombre varietal ICS – 95	15
1.5.3. El forastero.	16
1.5.3.1. Nombre Varietal SCA – 6	16
1.5.3.2. Nombre Varietal Pound – 7	16
1.5.3.3. Nombre Varietal IMC – 67	17
1.5.3.4. Nombre Varietal NA – 33	17

1.5.4. Cultivos nacionales (Carbajal, 2001)	18
1.5.4.1. Nombre Varietal EET – 19	18
1.5.4.2. Nombre Varietal EET – 48	18
1.5.5. Cultivos misceláneos (Carbajal, 2001)	19
1.5.5.1. Nombre Varietal UF – 29	19
1.5.5.2. Nombre Varietal EET – 233	19
1.5.5.3. Nombre Varietal EET – 400	20
1.5.5.4. Nombre Varietal CCN – 51	20
1.5.6. Cultivos Huallaga (Carbajal, 2001).	21
1.5.6.1. Nombre Varietal H – 8	21
1.5.6.2. Nombre Varietal H – 12	21
1.5.6.3. Nombre Varietal H – 24	22
1.5.7. Cultivares Ucayali – Urubamba (Carbajal, 2001).	22
1.5.7.1. Nombre Varietal U – 1	22
1.5.7.2. Nombre Varietal U – 9	23
1.5.7.3. Nombre Varietal U – 12	23
1.5.8. Cultivares marañón (Carbajal, 2001)	24
1.5.8.1. Nombre Varietal M – 4	24
1.5.8.2. Nombre Varietal M – 17	24
1.5.8.3. Nombre Varietal M – 18	25
1.6 Clasificación según la calidad	26
1.7. Usos del cacao	27
1.8. Plagas y enfermedades	27
1.8.1. La moniliasis	27
1.8.2. Escoba de bruja	29
CAPITULO II: EL CACAO EN EL PERU	30
2.1. Zonas y Volumen de Producción	30
2.2. Superficie cultivada	31
2.2.1. Crecimiento de las superficies productoras de cacao en la región San Martin	31
CAPITULO III: SECADO DE GRANOS DE CACAO	33
3.1. Cuando secar	33
3.2. Tecnologías y sistemas para el secado de los granos de cacao	33

3.3.	Métodos de secado	34
3.3.1	Secado natural	34
3.3.2.	Secadores solares	35
3.3.2.1.	Secador de radiación solar directa	35
3.3.2.2.	Secador solar de radiación infrarroja	36
3.3.2.3.	Secador solar de conducción de calor	37
3.3.2.4.	Secador solar por convección de calor	38
3.3.2.5.	Secador solar rotativo	39
3.4.	Secado artificial	41
3.5.	Secado de granos de cacao	50
3.5.1.	Parámetros a considerar para el secado de cacao	52
3.5.2.	Tipos de secados de granos de cacao	53
3.5.2.1.	Secado natural:	54
3.5.2.1.1.	Tipos de secadores naturales	56
3.5.2.2.	Secado artificial	71
3.5.5.3.	Secadores solares inclinados	80
3.6.	Paneles solares aplicados al secado de granos	81
3.6.1.	Descripción	81
3.6.2.	Ventajas y desventajas del uso de paneles solares	83
3.6.2.1.	Ventajas de los paneles solares	83
3.6.2.2.	Desventajas de los paneles solares	84
3.7.	Importancia del secado solar para la obtención de granos de cacao	85
3.7.1	Proceso de secado al sol	85
3.7.2.	Pasos para el secado adecuado de cacao	85
3.7.3.	Ventajas del secado solar	86
	CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DISCUSIONES	90
4.1.	Análisis	90
4.2.	Discusiones	93
	CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
5.1.	CONCLUSIONES	94
5.2.	RECOMENDACIONES	95
	BIBLIOGRAFÍA	96

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1 Composición química de las semillas de cacao en 100 g.	11
Cuadro 2 Clasificación según calidad de caco en grano según norma INEN	26
Cuadro 3 El cacao y sus derivados	27
Cuadro 4 Producción nacional de Cacao, 2010 – 2011 (TM)	30
Cuadro 5 Análisis FODA del secado natural	55
Cuadro 6 Capacidad de una bandeja de secado en kg por tanda	57
Cuadro 7 Cálculo para determinar la superficie de patio para secado	65
Cuadro 8 Ventajas y desventajas del secador parabólico	71
Cuadro 9 Análisis FODA del secado artificial	72
Cuadro 10 Capacidad de bandeja de secado en kg por tanda	73
Cuadro 11 Capacidad de bandeja de secado en kg por tanda	76

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Árbol del cacao	05
Figura 2	Tallo del cacao	06
Figura 3	Hoja del cacao	07
Figura 4	Flor del cacao	08
Figura 5	Fruto del cacao en sus diferentes estados fisiológicos	08
Figura 6	Semilla del cacao	09
Figura 7	Raíz del cacao	10
Figura 8	Fruto y semilla de Varietal Porcelana	12
Figura 9	Fruto y semilla de Varietal Chuncho	13
Figura 10	Fruto y semilla de Varietal ICS-1	13
Figura 11	Fruto y semilla de Varietal ICS-6	14
Figura 12	Fruto y semilla de Varietal ICS-39	14
Figura 13	Fruto y semilla de Varietal ICS-60	15
Figura 14	Fruto y semilla de Varietal ICS-95	15
Figura 15	Fruto y semilla de Varietal SCA-6	16
Figura 16	Fruto y semilla de Varietal POUND-7	17
Figura 17	Fruto y semilla de Varietal IMC-67	17
Figura 18	Fruto y semilla de Varietal NA - 33	17
Figura 19	Fruto y semilla de Varietal EET-19	18
Figura 20	Fruto y semilla de Varietal EET-48	19
Figura 21	Fruto y semilla de Varietal UF-29	19
Figura 22	Fruto y semilla de Varietal EET-233	20
Figura 23	Fruto y semilla de Varietal EET-400	20
Figura 24	Fruto y semilla de Varietal CCN-51	21
Figura 25	Fruto y semilla de Varietal H-8	21
Figura 26	Fruto y semilla de Varietal H-12	22
Figura 27	Fruto y semilla de Varietal H-24	22
Figura 28	Fruto y semilla de Varietal U-1	23
Figura 29	Fruto y semilla de Varietal U-9	23
Figura 30	Fruto y semilla de Varietal U-12	24
Figura 31	Fruto y semilla de Varietal M-4	24

Figura 32	Fruto y semilla de Varietal M-17	25
Figura 33	Fruto y semilla de Varietal M-18	25
Figura 34	Ataque de <i>Monilia</i> al fruto en diferentes estados fisiológicos.	28
Figura 35	Ataques de la Escoba de Bruja a las diferentes partes de la Planta de Cacao	29
Figura 36	Producción anual del cacao en el Perú	31
Figura 37	Secador solar de radiación directa	36
Figura 38	Secador solar de radiación infrarroja	37
Figura 39	Secador solar por conducción de calor	38
Figura 40	Secador solar por convección	39
Figura 41	Secador solar rotativo	40
Figura 42	Esquema del secador lecho fijo	42
Figura 43	Esquema secador en columna	45
Figura 44	Esquema del secador de flujo cruzado	45
Figura 45	Esquemas correspondientes; izquierda a derecha	46
Figura 46	Esquema del sistema de secado combinado.	48
Figura 47	Fermentadores del cacao	50
Figura 48	Secado natural del cacao	51
Figura 49	Secador natural tipo marquesina	56
Figura 50	Interior de un secador natural tipo marquesina	58
Figura 51	Parte Interna de un secador natural tipo marquesina	58
Figura 52	Secado de cacao en bandejas	59
Figura 53	Secador de cacao con gaveta corrediza	60
Figura 54	Secado en carro corredizo	61
Figura 55	Secado en pasera de madera	62
Figura 56	Secado en esterilla de bambú	62
Figura 57	Tendal corredizo con mallas – Acopagro / Pucacaca / Picota / San Martín / Perú 2014	63
Figura 58	Secado de cacao utilizando patios de cemento	64
Figura 59	Secador de cacao: Patio de cemento con techo rodante	65
Figura 60	Gavetas Rodantes: Pequeña y grande	66
Figura 61	Secuencia de la construcción del secador Catatumbo.	67

Figura 62	Manera de construir el secador Catatumbo	68
Figura 63	Secador Rústico Caucaagua	69
Figura 64	Esquema de cuarto de fermentación y secado	70
Figura 65	Secador artificial de cacao en base a leña.	73
Figura 66	Secuencia de la construcción del secador Catatumbo.	67
Figura 66-A	Secador artificial de cacao en base a leña	75
Figura 66-B	Secador de leña o con carbón	75
Figura 67	Secador artificial en base a gas licuado	78
Figura 68	Secadores artificiales con gas licuado	79
Figura 69	Secador estático	80
Figura 70	Secador solar directo	81
Figura 71	Panel solar	82

INTRODUCCIÓN

El cacao es una fruta de origen tropical que proviene del árbol de cacao (*Theobroma cacao L.*) y que es el componente básico del chocolate. Las semillas de cacao son las que se utilizan en la elaboración del chocolate, concretamente mediante la extracción de estas semillas de cacao dos productos derivados: la pasta de cacao, que es una materia sólida y la manteca de cacao, materia grasa

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el contenido de humedad es, sin duda, la característica más importante para determinar si el grano corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. El secado se realiza para inhibir la germinación de las semillas, reducir el contenido de humedad de los granos hasta un nivel que impida el crecimiento de los hongos, y evitar las reacciones de deterioración. Una definición clara y completa de lo que es el secado puede ser la siguiente: "es el método universal de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimentos, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla".

Con los métodos tradicionales de producción de granos de los pequeños agricultores se producen considerables pérdidas antes y durante el almacenamiento. Una de las principales fuentes de pérdidas es la falta de un secado adecuado, y la mayoría de los agricultores deja secar sus productos en el campo, expuestos a la intemperie y sujetos al ataque de insectos. A pesar de las pérdidas, los pequeños agricultores continúan empleando este método por su bajo costo y también debido al desconocimiento de otras técnicas

Otro aspecto relevante del secado es que continúa la fase oxidativa iniciada en la fermentación y se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor. Además, en esta etapa ocurre el desarrollo de los pigmentos de color marrón a partir de los compuestos fenólicos (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap et al., 1994).

Sin embargo, la mayoría de los productores no conocen con exactitud cómo afecta el manejo post cosecha en las propiedades del grano de cacao seco, el cual realizan de forma muy variable de acuerdo con la experiencia personal. Frente a estos hechos el presente trabajo presenta los siguientes objetivos:

Objetivo General

Dar a conocer la importancia del secado solar de granos de cacao a partir de las ventajas que ofrece en comparación con otros métodos respecto a la obtención de granos de cacao de calidad.

Objetivos específicos

- a) Realizar una búsqueda retrospectiva de secado de granos de cacao.
- b) Analizar los secadores de cacao de la Región de San Martín.

CAPÍTULO I

EL CACAO

1.1. Cacao

El cacao es un alimento altamente nutritivo y de rico sabor, es una planta originaria de América que se encontraba de manera natural en las áreas de bosques. Nuestros antepasados utilizaban el cacao para preparar bebidas, dulces y principalmente como recurso económico con el que se podía comprar otros productos; esto hizo que aumentara la necesidad de tener más cacao y se inició el cultivo de cacao en plantaciones cuidadas por el hombre (Navarro, 2006).

El mismo autor menciona que el cacao (*Theobroma cacao. L.*), pertenece a la familia Esterculiáceae, es una especie originaria de América del Sur, posiblemente de la Amazonía de Colombia, Ecuador y Perú. La planta alcanza una altura de 3 a 6 metros.

1.2. Origen

Theobroma cacao, es el nombre científico de la planta que conocemos coloquialmente como cacaotera árbol del cacao. Originaria de Amazonia, donde crecía de forma natural en las cuencas de los ríos hace 4.000 años, se expandió a través de las rutas comerciales por toda Centroamérica, donde se tiene constancia de plantaciones desde hace más de 3.000 años.

Las primeras plantaciones y las formas más primitivas de chocolate se remontan a las civilizaciones maya y olmeca. Este cultivo fue heredado y perfeccionado posteriormente por los mexicas que ocuparon, siglos después, los territorios que habían habitado estos pueblos. Tanto el cacao como el chocolate son palabras derivadas del náhuatl, lengua de los mexicas y de otros pueblos mesoamericanos. Cacao proviene de *ka'kaw* (pronunciado “cacahua”) y chocolate de *xocolat* (derivado del maya “*chocohua*” que significaba “agua amarga”).

Los colonizadores castellanos descubrieron este producto, que era usado como moneda y tomado en forma de bebida amarga. Una vez en la Península Ibérica, la receta se modificó al gusto de las clases altas, calentando previamente los ingredientes y añadiéndoles azúcar en lo que podría considerarse la versión primitiva del chocolate caliente.

En el siglo XIX, la invención de la prensa de cacao permitió la extracción de la manteca de cacao. Años más tarde, en Suiza, se probó a añadir leche y se crearon las primeras tabletas de chocolate sólido. Paralelamente, la colonización europea de África encontró nuevos terrenos tropicales para el cultivo de cacaoteros convirtiendo a este continente en la principal región productora

Los primeros árboles del cacao crecían de forma natural a la sombra de las selvas tropicales de las cuencas del Amazonas y del Orinoco, hace unos 4000 años. Se cree que el árbol de cacao es originario de la Amazonía, y que más tarde se extendió a América Central, en especial México. Las culturas nativas de esta región, por ejemplos los Olmec y los mayas, ya lo conocían y lo utilizaban, y lo consideraban como "el alimento de los dioses. (Bonaparte, 1998).

1.3. Características Técnicas

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es una planta de hoja perenne de la familia Malvaceae. *Theobroma* significa en griego "alimento de los dioses"; cacao deriva del nahua "cacáhua". Para obtener una producción ideal, los árboles de cacao necesitan una precipitación anual entre 1150 y 2500 mm. y temperaturas entre 21°C y 32°C (Batista, 2009).

1.3.1. Descripción taxonómica

Según Batista (2009), el cacao presenta la siguiente clasificación taxonómica.

Reino	:	Plantae
Subreino	:	Tracheobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida

Subclase	:	Dilleniidae
Orden	:	Malvales
Familia	:	Malvaceae
Subfamilia	:	Byttnerioideae
Tribu	:	Theobromeae
Género	:	Theobroma
Especie	:	<i>Theobroma cacao</i> L.
Nombre común	:	Cacao

1.3.2. Descripción botánica

El árbol de cacao (*Theobroma cacao* L.) es normalmente un árbol pequeño, entre 4 y 8 metros de alto, aunque si recibe sombra de árboles grandes, puede alcanzar hasta los 10 metros de alto, como se observa en la figura 1.



Figura 1: Árbol del cacao

Fuente: Proyecto Especial Alto Mayo – Proyecto Cacao Regional 2009

- **Tallo:** El tallo es recto, la madera de color claro, casi blanco y la corteza es delgada, de color café. Tiene dos clases de ramas:
 - Unas, las llamadas “chupones”, crecen verticalmente hacia arriba hasta 1,5 m y tienen hojas dispuestas en espiral.
 - Otras ramas crecen en forma de “abanico”.

El tallo principal, generalmente alcanza los 1,5 m de altura. Las ramas abanico son relativamente horizontales, crecen y se ramifican para formar la copa del árbol. El tronco tiene crecimiento dimórfico, con brotes ortotrópicos o chupones. La corteza externa es de color castaño oscuro, agrietada, áspera y delgada y la Interna de color castaño claro, sin sabor; como se muestra en la figura 2.



Figura 2: Tallo del cacao

Fuente: Proyecto Especial Alto Mayo – Proyecto Cacao Regional 2009

- **Hojas:** son perennes y pueden llegar a medir unos 20 cm. Las hojas de estas ramas, están posicionadas en dos filas, una a cada lado de la rama. Las hojas son grandes, alternas, colgantes, elípticas u oblongas, de 20 a 35 cm de largo por 4 a 15 cm de ancho, de punta larga, ligeramente gruesas, margen liso, verde oscuro en el haz y más pálidas en el envés, cuelgan de un pecíolo; como se muestra en la figura 3.



Figura 3: Hoja del cacao

Fuente: Cooperativa Agraria Oro Verde – Selección de Arboles
Elite – 2013

- **Flor:** Es hermafrodita, las flores se producen en racimos directamente en el tronco, son pequeñas, diámetro de 1-2 cm, con el cáliz rosado. Los pétalos tienen colores que varían desde blanco a rosa en las distintas variedades. El pequeño ovario fertilizado crece durante casi 6 meses hasta que alcanza la forma de una enorme baya oval de 20 cm de longitud. También siguen naciendo, a menudo en racimos, sobre el mismo lugar del tallo. Se observan grupos de flores pequeñas de color rosa y bayas en distintas etapas de desarrollo a lo largo del tronco desnudo del árbol maduro. Estos grupos nacen en algunos casos a solo 30 cm del suelo. La flor es de color rosa, púrpura y blanca, de pequeña talla, de 0.5 a 1 cm de diámetro y 2 a 2.5 cm de largo, en forma de estrella. Pétalos 5, de 6 mm de largo, blancos o teñidos de rosa, alternos con los sépalos y de forma muy singular: comienzan estrechos en la base, se ensanchan y se hacen cóncavos para formar un pequeño capuchón y terminan en una lígula; sépalos 5, rosas, angostos, puntiagudos, ampliamente extendidos, como se muestra en la figura 4 (Batista, 2009).



Figura 4: Flor del cacao

Fuente: Cooperativa Agraria Oro Verde – Selección de Arboles Elite – 2013

- **Fruto:** El fruto es una “baya” denominada mazorca, que tiene forma de calabacín alargado, se vuelve roja o amarillo purpúrea y pesa aproximadamente 450 g cuando madura. La fruta, tiene forma de vaina y es ovoide, mide 15-30 cm de largo, La vaina contiene 20 a 60 semillas, generalmente llamadas habas, encajadas en una pulpa blanca. Los frutos maduros tienen una cubierta cerosa recubriendo la pared de tejido denso, a veces hasta más de 1 cm de espesor. Dentro del fruto, se encuentran de 30 a 40 semillas inmersas en una pulpa mucilaginosa, como se muestra en la figura 5 (Batista, 2009).



Figura 5: Fruto del cacao en sus diferentes estados fisiológicos y tipos

Fuente: Cooperativa Agraria Oro Verde – Selección de Arboles Elite – 2013

- **Semilla:** Las semillas son blancas. Cada semilla contiene una cantidad significativa de grasa (40-50% como manteca de cacao). Su componente activo más conocido es teobromina, un compuesto similar a la cafeína. Cada semilla o haba está compuesta por 2 cotiledones, envueltas e hinchadas y un pequeño embrión. Todos estos componentes están encerrados por una cubierta, llamada “testa”. La manteca de cacao es la grasa almacenada en los cotiledones. Esta grasa constituye casi la mitad del peso de la semilla seca. Las Semillas son grandes, del tamaño de una almendra, color chocolate o púrpúreo, de 2 a 3 cm de largo y de sabor amargo. No tiene albumen y están recubiertas por una pulpa mucilaginosa de color blanco y de sabor dulce y acidulado. Se les llama “habas o granos” de cacao, ricas en almidón, en proteínas, en materia grasa, lo cual les confiere un valor nutritivo real, como se muestra en la figura 6 (Batista, 2009).



Figura 6: Semilla del cacao

Fuente: Cooperativa Agraria Oro Verde – Selección de Arboles Elite – 2013

- **Raíz:** Tiene una raíz Pivotante que en condiciones favorables puede penetrar más de 2 m de profundidad, favoreciendo el reciclaje de nutrientes y de un extenso sistema superficial de raíces laterales distribuidas alrededor de 15 cm debajo de la superficie del suelo, como se muestra en la figura 7 (Batista, 2009).

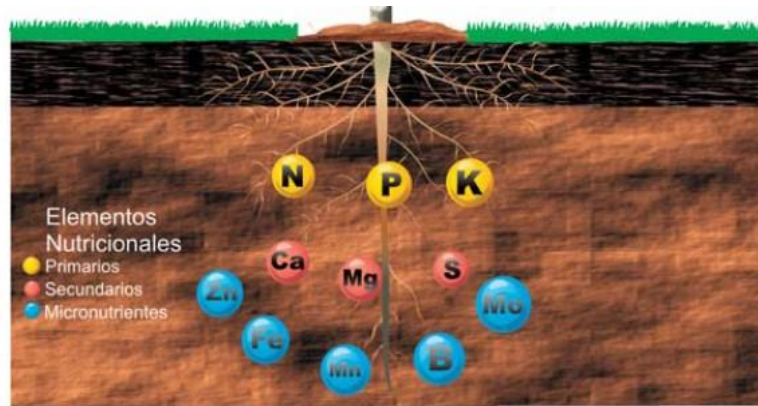


Figura 7: Raíz del cacao

Fuente: Acopagro / Manual Técnico Para la Producción de Cacao Orgánico (2010)

1.4. Composición Química del Cacao

La composición química de los granos de cacao depende de varios factores entre los que se puede citar: tipo de cacao, origen geográfico, grado de madurez, calidad de la fermentación y secado y el subsecuente procesamiento de los granos.

El cacao contiene cerca de 300 compuestos volátiles incluyendo ésteres hidrocarbólicas, monocarbonilos, piroles, y otros más. Los importantes componentes de sabor son ésteres alifáticos, poli fenoles, carbonilos aromáticos insaturados, diketopiperazinas, pirazinas y theobromina. El cacao también contiene cerca de 18 % de proteínas (8 % digestible); grasas (manteca de cacao), aminas y alcaloides incluyendo theobromina (0.5 – 2.7 %), cafeína (0.25 – 1.43 %), cafeína (0.25 a 1.43 %), tiramina, dopamina, salsolinol, trigonelina, ácido nicotínico y aminoácido libres, taninos, fosfolípidos, etc. La manteca de cacao contiene predominantemente triglicéridos de ácidos grasos consistentes de ácidos oleico (37,3 %), esteárico (34,4 %), y palmítico (26,2 %), más de un 73 % de los glicéridos están presentes como formas mono insaturadas. En la manteca de cacao hay pequeñas cantidades de esteroides y metil esteroides; los esteroides están compuestos de beta-sitosteroides, estigmaesteroides y campesteroides, con muy pequeñas cantidades de colesterol. En adición a los alcaloides (principalmente (theobromina), taninos y otros constituyentes. En el cuadro N° 01 se muestra la composición química de las semillas de cacao.

Cuadro 1: Composición química de las semillas de cacao en 100 g.

CONTENIDO EN LAS SEMILLAS DE CACAO POR 100 g	
Componentes	Cantidad
Calorías	456
Agua	3.6 ml.
Proteína	12.0 g
Grasas	46.3 g
Carbohidratos (Totales)	34.7 g 8.6 g
Fibra	8 – 13 g
Glucosa	0.4 – 0.9 g
Sucrosa	106 mg
Calcio Fósforo	357 mg
Hierro	3.6 mg
Tiamina	0.17 – 0.24 mg
Riboflavina	0.14 – 0.41 mg
Niacina	1.7 mg
Ácido Ascórbico	3.0 mg
Piridoxina	0.9 mg
Nicotinamida	2.01 mg
Ácido Pantoténico	1.35 mg
Histidina	0.04 – 0.08 g
Arginina	0.03 – 0.08 g
Treonina	0.14 – 0.84 g
Serina	0.88 – 1.99 g
Acido Glutámico	1.02 – 1.77 g
Prolina	0.72 – 1.97 g
Glicina	0.09 – 0.35 g
Alanina	1.04 – 3.61 g
Valina	0.57 – 2.60 g
Licina	0.08 – 0.56 g
Isoleucina	0.56 – 1.68 g
Tirosina	0.57 – 1.27 g
Fenilalanina	0.56 – 3.36 g

Fuente: Kirk, 1999

1.5. Variedades del cacao

Existen variedades de árboles de cacao. La más conocida es la variedad Forastero, que representa el 90% del cacao producido en el mundo. Se encuentra en África del Oeste y

Brasil. El segundo grupo es el Criollo, que produce "cacao fino y de aroma", cultivado principalmente en el Caribe, Venezuela, Nueva Guinea Papúa, las Antillas, Sri Lanka, Timor Oriental y Java. Por último, existe la variedad Trinitario, que es un cruce entre el Criollo y el Forastero.

1.5.1. El criollo o nativo

Es un cacao reconocido como de gran calidad, de escaso contenido en tanino, reservado para la fabricación de los chocolates más finos. El árbol es frágil y de escaso rendimiento. El grano es de cáscara fina, suave y poco aromática. Representa el 10% de la producción mundial (Castellon, 2009). Dentro de este se tiene las siguientes variedades:

1.5.1.1. Nombre varietal porcelana

País de origen	: Perú
Color del pedúnculo	: Verde
Tamaño del fruto	: Intermedio
Rendimiento	: 652 – 1,956 kg/há

En la figura 8 se presenta la variedad descrita



Figura 8: Fruto y semilla de Varietal Porcelana

Fuente: ACOPAGRO (2010)

1.5.1.2. Nombre varietal chuncho

País de origen	: Perú
Color del pedúnculo	: Verde pigmento
Tamaño del fruto	: Intermedio o pequeño
Rendimiento	: 517 - 1,552 kg/há.

Esta variedad se presenta en la figura 9.



Figura 9: Fruto y semilla de Varietal Chuncho

Fuente: ACOPAGRO / Manual Técnico de Producción de Cacao Orgánico (2010)

1.5.2. Cultivos trinitarios

Es un cruce entre el criollo y el forastero, aunque su calidad es más próxima al del segundo, por ello hereda la robustez del cacao forastero y el delicado sabor del cacao criollo, y se usa también normalmente mezclado con otras variedades (Carbajal, 2001).

1.5.2.1. Nombre varietal ICS – 1

País de origen	: Trinidad y Tobago
Color del pedúnculo	: rojo
Tamaño del fruto	: grande
Rendimiento	: 1,501 kg/há (652 -1,956 kg/ha)

Esta variedad se presenta en la figura 10



Figura 10: Fruto y semilla de Varietal ICS-1

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.2.2. Nombre varietal ICS – 6

País de origen : Trinidad y Tobago
Color del pedúnculo : verde
Tamaño del fruto : Intermedio
Rendimiento : 806 kg/há (937 - 2,812 kg/há)
Esta variedad se presenta en la figura 11



Figura 11: Fruto y semilla de Varietal ICS-6

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.2.3 Nombre varietal ICS – 39

País de origen : Trinidad y Tobago
Color del pedúnculo : rojo
Tamaño del fruto : muy grande
Rendimiento : 725 kg/há (1,154 - 3,461 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 12



Figura 12: Fruto y semilla de Varietal ICS-39

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.2.4. Nombre varietal ICS – 60

País de origen : Trinidad y Tobago

Color del pedúnculo : rojo

Tamaño del fruto : muy grande

Rendimiento : (750 -2,250 kg/ha)

Esta variedad se presenta en la figura 13



Figura 13: Fruto y semilla de Varietal ICS-60

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.2.5. Nombre varietal ICS – 95

País de origen : Trinidad y Tobago

Color del pedúnculo : rojo

Tamaño del fruto : muy grande

Rendimiento : 1,867 kg/há (682 - 2,045 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 14



Figura 14: Fruto y semilla de Varietal ICS-95

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.3. El forastero.

Se trata de un cacao normal, con el tanino más elevado. Es el más cultivado; el grano tiene una cáscara gruesa, es resistente y poco aromático. Para neutralizar sus imperfecciones, requiere un intenso tueste, de donde proceden el sabor y el aroma a quemado de la mayoría de los chocolates. Los mejores productores usan granos forasteros en sus mezclas, para dar cuerpo y amplitud al chocolate, pero la acidez, el equilibrio y la complejidad de los mejores chocolates proviene de la variedad criolla (Castellon, 2009), como se detalla a continuación:

1.5.3.1. Nombre Varietal SCA – 6

País de origen	: Perú
Color del pedúnculo	: Verde
Tamaño del fruto	: Intermedio
Rendimiento	: 484 - 1,452 kg/há).

Esta variedad se presenta en la figura 15



Figura 15: Fruto y semilla de Varietal SCA-6

Fuente: Proyecto Especial Alto Mayo –2009

1.5.3.2. Nombre Varietal Pound – 7

País de origen	: Perú
Color del pedúnculo	: Verde pigmento
Tamaño del fruto	: Intermedio

Rendimiento : (600 - 1,800 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 16



Figura 16: Fruto y semilla de Varietal POUND-7

Fuente: Proyecto Especial Alto Mayo 2009

1.5.3.3. Nombre Varietal IMC – 67

País de origen : Perú

Color del pedúnculo : Verde pigmento

Tamaño del fruto : Muy grande

Rendimiento : 950 kg/há (833 - 2,500 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 17



Figura 17: Fruto y semilla de Varietal IMC – 67

Fuente: Proyecto Especial Alto Mayo –2009

1.5.3.4. Nombre Varietal NA – 33

País de origen : Perú

Color del pedúnculo : Verde pigmento

Tamaño del fruto : Intermedio

Rendimiento : (500 - 1,500 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 18



Figura 18: Fruto y semilla de Varietal NA – 33

Fuente: Proyecto Especial Alto Mayo –2009

1.5.4. Cultivos nacionales (Carbajal, 2001)

1.5.4.1. Nombre Varietal EET – 19

País de origen : Ecuador

Color del pedúnculo : Rojo

Tamaño del fruto : Intermedio

Rendimiento : 2,070 kg/há (882 - 2,647 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 19



Figura 19: Fruto y semilla de Varietal EET – 19

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.4.2. Nombre Varietal EET – 48

País de origen : Ecuador

Color del pedúnculo : Verde Pigmento

Tamaño del fruto : Grande

Rendimiento : 1,242 kg/há (937 - 2,812 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 20



Figura 20: Fruto y semilla de Varietal EET – 48

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.5. Cultivos misceláneos (Carbajal, 2001)

1.5.5.1. Nombre Varietal UF – 29

País de origen : Costa Rica

Color del pedúnculo : Verde Pigmento

Tamaño del fruto : Grande

Rendimiento : 714 - 2,143 kg/há

Esta variedad se presenta en la figura 21



Figura 21: Fruto y semilla de Varietal UF – 29

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.5.1. Nombre Varietal EET – 233

País de origen : Venezuela

Color del pedúnculo : Verde Pigmento

Tamaño del fruto : intermedio

Rendimiento : (750 - 2,250 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 22



Figura 22: Fruto y semilla de Varietal EET – 233

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.5.2. Nombre Varietal EET – 400

País de origen : Ecuador

Color del pedúnculo : Verde

Tamaño del fruto : Grande

Rendimiento : (714 - 2,143 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 23



Figura 23: Fruto y semilla de Varietal EET – 400

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.5.3. Nombre Varietal CCN – 51

País de origen : Ecuador

Color del pedúnculo : RJO

Tamaño del fruto : muy Grande

Rendimiento : 2,760 kg/há (937 - 2,812 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 24



Figura 24: Fruto y semilla de Varietal CCN-51

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.6. Cultivos Huallaga (Carbajal, 2001).

1.5.6.1. Nombre Varietal H – 8

País de origen : Perú
Color del pedúnculo : Rojo
Tamaño del fruto : muy Grande
Rendimiento : 517 - 1,552 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 25



Figura 25: Fruto y semilla de Varietal H– 8

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.6.2. Nombre Varietal H – 12

País de origen : Perú
Color del pedúnculo : Verde Pigmento
Tamaño del fruto : Grande
Rendimiento : (789 - 2,368 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 26



Figura 26: Fruto y semilla de Varietal H – 12

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.6.3. Nombre Varietal H – 24

País de origen : Perú

Color del pedúnculo : Verde Pigmento

Tamaño del fruto : Intermedio

Rendimiento : (625 - 1,875 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 27



Figura 27: Fruto y semilla de Varietal H– 24

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.7. Cultivares Ucayali – Urubamba (Carbajal, 2001).

1.5.7.1. Nombre Varietal U – 1

País de origen : Perú

Color del pedúnculo : Verde Pigmento

Tamaño del fruto : Pequeño

Rendimiento : (405 - 1,216 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 28



Figura 28: Fruto y semilla de Varietal U- 1

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.7.2. Nombre Varietal U – 9

País de origen : Perú

Color del pedúnculo : Verde Pigmento

Tamaño del fruto : Pequeño

Rendimiento : (536 - 1,607 kg/há)

Esta variedad se presenta en la figura 29



Figura 29: Fruto y semilla de Varietal U- 9

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.7.3. Nombre Varietal U – 12

País de origen : Perú

Color del pedúnculo : Verde Pigmento

Tamaño del fruto : Grande
Rendimiento : 833 - 2,500 kg/há)
Esta variedad se presenta en la figura 30



Figura 30: Fruto y semilla de Varietal U – 12

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.8. Cultivares marañón (Carbajal, 2001)

1.5.8.1. Nombre Varietal M – 4

País de origen : Perú
Color del pedúnculo : Verde Pigmento
Tamaño del fruto : Grande
Rendimiento : 682 - 2,045 kg/há)
Esta variedad se presenta en la figura 31



Figura 31: Fruto y semilla de Varietal M – 4

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.8.2. Nombre Varietal M – 17

País de origen : Perú
Color del pedúnculo : Verde Pigmento

Tamaño del fruto : Grande
Rendimiento : (750 - 2,250 kg/há)
Esta variedad se presenta en la figura 32



Figura 32: Fruto y semilla de Varietal M – 17

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.5.8.3. Nombre Varietal M – 18

País de origen : Perú
Color del pedúnculo : Rojo
Tamaño del fruto : Grande
Rendimiento : 682 - 2,045 kg/há
Esta variedad se presenta en la figura 33



Figura 33: Fruto y semilla de Varietal M – 18

Fuente: Ministerio de Agricultura – DEVIDA, 2010

1.6. Clasificación según la calidad

Los países compradores y fabricantes de chocolate clasifican a las almendras de cacao por: su apariencia, grado de fermentación, edad, materias extrañas, insectos y presencia de mohos. Enríquez, (1994) indica que la calidad del cacao tanto física como organoléptica depende de varios factores como: la variedad genética, el ecosistema, la sanidad de la mazorca, la fermentación adecuada, el secado apropiado. Según Norma INEN N° 176, se clasifica a los lotes de cacao tomando una muestra representativa de 500 g y aplicando pruebas físicas como: el ensayo de corte, determinación de la masa media de los granos, grado de fermentación y contenido de granos defectuosos, como se observa en el cuadro 2.

Cuadro 2: Clasificación según calidad de cacao en grano según norma INEN N° 176

REQUISITOS	ASSP	ASSS	ASS	ASES	ASE	ASNS	ASN
Peso de 100 pepas (g)	135-140	130-135	120-124	120-125	105-110	120-124	110-115
Buena fermentación rojo café	75%	66%	60%	35%	20%	50%	42%
Ligeramente morado o gris	10%	10%	5%	15%	15%	10%	10%
Total buena fermentación	85%	75%	65%	50%	39%	60%	52%
Morado-violeta	10%	15%	20%	30%	25%	25%	25%
Pastoso-pizarroso	5%	9%	12%	18%	30%	13%	18%
Defectuosos	--	1%	3%	2%	6&	2%	5%
ASSPS: Arriba superior summer plantaciones selecto				ASES: Arriba superior época selecto			
ASSS: Arriba superior summer selecto				ASE: Arriba superior época			
ASS: Arriba superior summer				ASNS: Arriba superior navidad selecto			
ASN: Arriba superior navidad							

Fuente: Instituto Ecuatoriano de Normalización – INEN Norma N° 176

1.7. Usos del cacao

Los productos obtenidos del cacao en grano son principalmente el licor de cacao, manteca de cacao, pasta de cacao, cacao en polvo y el chocolate. A pesar de que el mercado de chocolates es el mayor consumidor de cacao en términos de equivalente en grano, productos intermedios tales como el cacao en polvo y la manteca de cacao son utilizados en diversas áreas, como se indica en el cuadro 3. En la alimentación animal se emplea como sustituto del maíz, en proporciones menores al 60%, 10% en aves y 8% en cerdos. En la industria la grasa (manteca de cacao), se utiliza en la fabricación de medicamentos, cosméticos y jabones.

Cuadro 3: El Cacao y sus derivados

PRODUCTO	USOS Y DERIVADOS
Manteca de cacao	Elaboración de chocolates, confitería; también puede ser usado en la industria de la cosmética.
Pulpa de cacao	Producción de bebidas alcohólicas y no alcohólicas
Cáscara	Comida para animales
Cenizas de la cáscara de cacao	Elaboración de jabón y fertilizante de cacao, vegetales y otros cultivos.
Jugo de cacao	Jaleas y mermeladas
Polvo de cacao	Ingrediente para cualquier alimento
Pasta o licor de cacao	Elaboración de chocolate

Fuente: Guía Técnica “asistencia técnica dirigida en manejo de cultivo del cacao-2012

1.8. Plagas y Enfermedades

Respecto a las enfermedades, entre las más comunes se encuentran:

1.8.1. La Moniliasis

Según el Informe Técnico ICT (2009), es también conocida como Pudrición acuosa, Helada, Mancha Ceniza o Enfermedad de Quevedo, es causada por el hongo *Monilia*

(*Moniliophthora*). La enfermedad ataca solamente los frutos del cacao y se considera que constituye uno de los factores limitantes, de mayor importancia, en la producción de esta planta. Puede provocar pérdidas que oscilan entre un 16 y 80% de la plantación. La severidad del ataque de la *Monilia* varía según la zona y época del año, de acuerdo con las condiciones del clima. Aparentemente las temperaturas altas son más favorables para la diseminación de la *Monilia*. La infección de *Monilia* ocurre principalmente en las primeras etapas del crecimiento de las mazorcas. La primera señal de la infección, es la aparición de puntos o pequeñas manchas de un color que sugiere una maduración prematura en mazorcas que aún no han alcanzado su desarrollo completo. Con el tiempo, aparece en la superficie de la mazorca una mancha parda rodeada por una zona de transición de color amarillento. Esta mancha puede crecer hasta llegar a cubrir una parte considerable o la totalidad de la superficie de la mazorca, como se puede ver en la figura 34.

Para combatir la enfermedad se ha recomendado un manejo de la sombra, que permita un mayor paso de luz y una mayor aireación, para reducir la humedad del medio ambiente; realizar podas periódicas; cosechar los frutos maduros periódicamente; evitar el encharcamiento del cultivo; y, eliminar los frutos afectados, enterrándolos, tratando de no diseminar las esporas del hongo por la plantación (Bonaparte, 1998).

Figura 34: Ataque de *Monilia* al fruto en diferentes estados fisiológicos.



Fuente: ICT Informe 2010.

1.8.2. Escoba de Bruja

Probablemente sea la enfermedad más seria que afecta a los cacaotales, es causada por un hongo microscópico que se desarrolla principalmente en los tejidos en crecimiento activo, como las yemas, flores y frutos, como se muestra en la figura 35. En los brotes, ocasiona un crecimiento descontrolado con hinchazón de las ramillas y los frutos atacados no completan su desarrollo, se quedan pequeñas y duras.

Las partes afectadas mueren a los dos meses aproximadamente, y permanecen en el árbol por mucho tiempo. En la época de lluvias en estas partes muertas, fructifica el hongo esparciendo la enfermedad. Como ésta enfermedad afecta a los tejidos en crecimiento, protegerla mediante aplicaciones de fungicidas puede resultar antieconómico. Por eso el mejor método de control es sembrar plantas de cacao resistentes a ésta enfermedad y periódicamente quitar las ramas y las partes afectadas con el hongo hasta 1 cm. debajo de la parte enferma, luego enterrarlas o mejor quemarlas (Castellon, 2009),



Figura 35: Ataques de la Escoba de Bruja a las diferentes partes de la Planta de Cacao.

Fuente: ICT Informe 2010.

CAPITULO II

EL CACAO EN EL PERU

2.1. Zonas y Volumen de Producción:

Las principales zonas productoras de cacao en el Perú son: El Valle de La Convención, en el Departamento del Cusco; el Valle del Río Apurímac - Ene (VRAE), en los Departamentos de Ayacucho, Cusco y Junín; el Valle del Huallaga, en los Departamentos de Huánuco y San Martín; el Valle de Tambo, en el Departamento de Junín; y, el Valle del Marañón, en los Departamentos de Cajamarca y Amazonas. Durante el 2010 y el 2011, San Martín y Cusco reportaron el 60% del volumen de Producción Nacional (Toneladas). No obstante, los rendimientos más altos en T/Ha lo presentan las Regiones de San Martín y Ucayali, tal como se muestra en el cuadro 4 (García, 2006)

Cuadro 4: Producción nacional de Cacao, 2010 – 2011 (TM)

N°	Región	Mil. TM		Mil. Ha		Rend. T/Ha	
		2010	2011	2010	2011	2010	2011
1	San Martín	21	26	25	29	0.9	0.9
2	Cusco	7	8	21	22	0.3	0.4
3	Ayacucho	6	6	9	9	0.7	0.7
4	Junín	4	6	9	9	0.5	0.7
5	Amazonas	3	4	6	6	0.4	0.7
6	Huánuco	2	2	4	4	0.5	0.5
7	Cajamarca	1	1	1	0	0.8	0.0
8	Ucayali	1	2	1	2	0.9	0.9
	Otros	1	1	1	2		
	Total	47	56	77	84		

Fuente: MINAG - OEEE 2011 ,2010

2.2. Superficie cultivada

Debemos precisar que en lo que respecta a la producción y superficie cosechada en el Perú la tendencia es creciente, tal y como se muestra en la figura 36

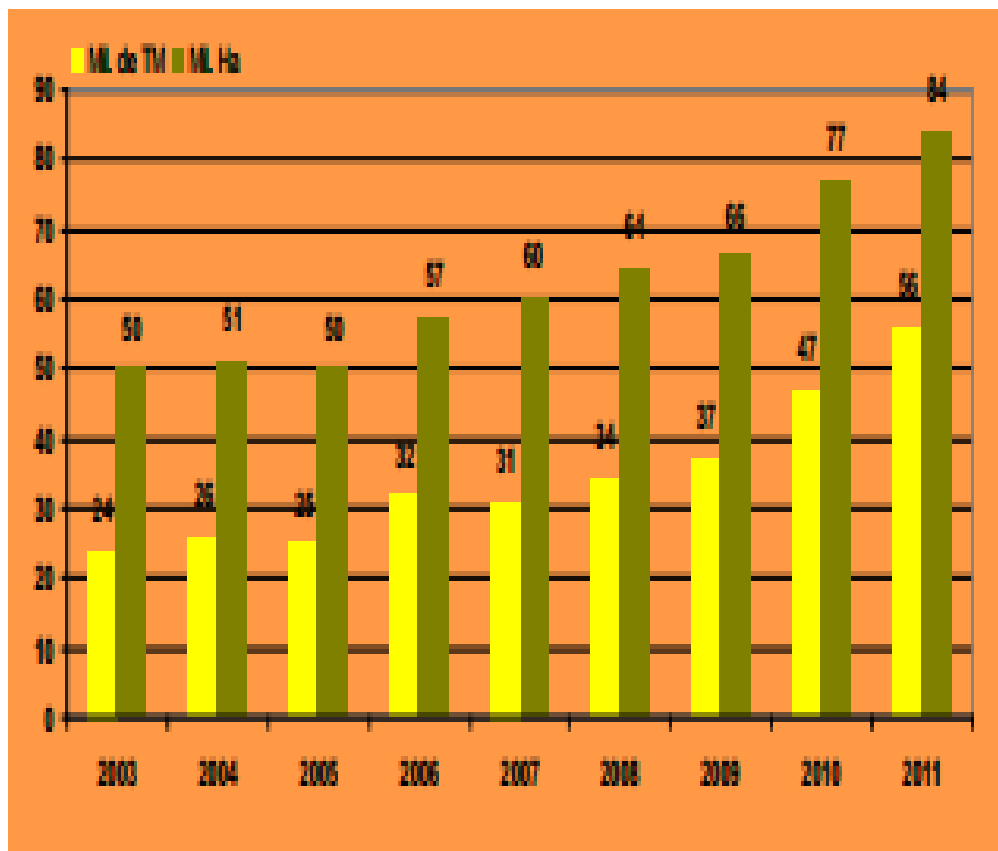


Figura 36: Producción anual del cacao en el Perú

Fuente: MINAG - OEEE 2011 / Elaboración: Dirección de gro negocios.

2.2.1. Crecimiento de las superficies productoras de cacao en la región San Martín:

La región de San Martín es una zona potencial y estratégica para el desarrollo sostenible y sustentable del cultivo de cacao con altos rendimientos y grados de calidad alcanzados, como se verá a continuación, según Dirección Regional Agraria San Martín (2010).

- a. Provincia de Huallaga: En la Provincia de Huallaga se han identificado unas 1300 has, que se ubican en los siguientes lugares:
 - ✓ Sacanche : 350 Has.
 - ✓ Piscoyacu : 350 Has.

✓ Pasarraya : 600 Has.

b. Provincia de Mariscal Cáceres: En la Provincia de Mariscal Cáceres se han identificado unas 6,300 has aptas para el cultivo del cacao, en los siguientes lugares:

✓ Pachiza : 600 Has.

✓ Huicungo : 600 Has.

✓ Campanilla : 600 Has.

✓ Pajarillo : 1,500 Has.

✓ Cuñunbuza : 3,000 Has.

c. Provincia de San Martín: Tarapoto es el tercer lugar en producción de la Región, dado que Tocache y Juanjuí mantienen el liderazgo. En lo que respecta a la Provincia de San Martín (Tarapoto), se ha identificado 1400 has ubicados en los lugares siguientes:

✓ Chazuta : 600 Has.

✓ Huimbayoc : 400 Has.

✓ Porvenir: 400 Has.

Respecto a la competitividad destaca Chazuta, por poseer mejores condiciones para desarrollar el cultivo.

d. Provincia de Tocache: El índice de crecimiento del cultivo de cacao en el lugar es de los últimos 20 años y tiene un crecimiento de 7500 hectáreas. Respecto a las zonas competitivas en el lugar destacaron Bambamarca, Almedra y Nuevo Horizonte por poseer mejores condiciones para desarrollar el cultivo.

CAPITULO III

SECADO DE GRANOS DE CACAO

3.1. Cuando secar

Los granos tienen su máximo contenido de materia seca al llegar a la maduración, por lo que es conveniente cosecharlos en ese momento para así obtener el máximo rendimiento de tal producción. Sin embargo y por varias razones, el alto contenido de humedad de los granos limita su cosecha y hay que mantenerlos en el campo hasta que el contenido de humedad permita su cosecha o hasta que alcancen un contenido de humedad apropiado para su almacenamiento (Mahecha, 2011).

Se recomienda cosechar los granos húmedos tan pronto como sea posible y después secarlos, con los siguientes objetivos: obtención de un mayor porcentaje de materia seca, menores pérdidas debidas al ataque de depredadores, mayor porcentaje de vigor y germinación, menor contaminación e infestación de los productos en el campo (buena calidad para el almacenamiento) y otros más. En la mayoría de los países de América Latina, el contenido de humedad de los granos para un almacenamiento seguro comprende un rango de 11 a 13 por ciento, base húmeda, para los principales tipos de granos (Ayala, 2013).

3.2. Tecnologías y sistemas para el secado de los granos de cacao:

Un sistema de secado-almacenamiento de granos de cacao exige una inversión considerable de dinero. En la adquisición o construcción de un sistema para el secado y almacenamiento de granos de cacao, a nivel rural, se debe considerar la capacitación y el entrenamiento del agricultor, con el fin de utilizar al máximo los beneficios que le pueden ofrecer las nuevas tecnologías. Además de conocer las características de la estructura del sistema de secado-almacenamiento, es necesario que el agricultor esté consciente de que su poder de negociación aumente durante la comercialización y si puede entregar granos de mejor calidad y en el momento oportuno. La explicación correcta de ese poder de negociación permite al agricultor incrementar las ganancias y,

por consiguiente, pone a su disposición mayores recursos para mejorar su producción y su nivel de vida.

Hay tecnologías y equipos que se adaptan a diferentes condiciones de la producción de granos, pero hay otros que han sido diseñados para condiciones muy específicas. En general, mientras mayor cantidad de productos se procesen, mejor tratamiento podrá recibir, ya que se podrá invertir más en los equipos y sistemas. En los procesos de secado artificial, el secado se realiza con equipos en los que el movimiento del aire se efectúa por medio de ventiladores o sea por convección forzada. La falta de energía eléctrica para accionar los ventiladores es uno de los mayores obstáculos en la introducción de sistemas de secado-almacenamiento en el medio rural de los países en desarrollo (Ayala, 2013).

3.3. Métodos de secado

El secado de granos de cacao frecuentemente es el eje del proceso integral de cosecha-secado-almacenamiento. El método de secado generalmente es el principal factor que determina la selección de otros componentes del sistema de manejo de granos. En los países en desarrollo, los métodos disponibles para secar los productos agrícolas a nivel del agricultor están limitados, la mayoría de las veces, al uso de una combinación de radiación solar y el movimiento natural del aire ambiente: o sea, el secado natural. Otros métodos de secado son, en cierto modo, complejos y requieren de una mayor experiencia y esfuerzo de parte del agricultor; éstos corresponden al secado artificial.

Los métodos para el secado artificial de granos se dividen, de una manera general, en dos clases principales: aquélla en la que el grano se seca por lotes y aquélla en que el grano se seca por medio de un flujo continuo. Los métodos de secado se deben elegir en función del clima, economía y circunstancias sociales bajo los cuales van a ser empleados. Los métodos alternativos no pueden ser recomendados sin una investigación previa de todas las posibles consecuencias, ya sean positivas o negativas, para los agricultores (Ayala, 2013).

3.3.1. Secado natural

Se entiende por secado natural aquél en que el movimiento del aire de secado se debe a la acción de los vientos, y la energía para evaporar la humedad proviene de la capacidad de

secado del aire y de la incidencia directa de la energía solar. El secado natural en el campo se realiza directamente en la planta y después de la cosecha, cuando se colocan las espigas y mazorcas en montones, pilas, manojos o hileras que se dejan secar al sol. Para reducir el tiempo de secado es común construir patios de secado o secadores simples que aprovechan la acción del viento y la energía solar.

Este método de secado es muy utilizado por la mayoría de los agricultores de los países en vías de desarrollo, a veces por desconocimiento de técnicas más modernas y porque las condiciones climáticas permiten su uso a un costo muy reducido. Otra gran limitante para el uso de tecnologías más elaboradas lo constituye el nivel de inversiones que se requiere y que, por lo general, se encuentran muy por encima de las posibilidades de muchos productores rurales (Restrepo. A. Burbano. J.,2005).

Existen algunas estructuras simples para el secado natural de granos, cuyo uso ha sido comprobado. Su utilización depende, en general, del clima del lugar y tienen en común que son simples y fáciles de construir; su costo es bajo y los materiales de construcción se encuentran fácilmente en la localidad.

3.3.2. Secadores solares

Un secador solar es un equipo o instalación que utiliza la radiación solar como fuente de energía para disminuir la humedad del producto o material a secar. Los secadores, al igual que los calentadores solares, utilizan el efecto invernadero como trampa de calor.

En dependencia de cómo es transmitida esta energía al producto, pueden clasificarse en secadores de radiación solar directa, de radiación infrarroja, de conducción de calor y de convección de calor. Esta clasificación es convencional y en la mayoría de los secadores la transferencia de calor es por conducción, convección y radiación combinadas. No obstante, según el diseño, una forma de transferencia de calor al producto es preponderante y de ahí la validez de dicha clasificación (Becerril, 1997).

3.3.2.1. Secador de radiación solar directa.

- Es el tipo de instalación en donde el producto recibe la radiación solar directamente en su superficie, la cual la capta y se transforma en

calor; es decir, que la superficie captadora de la radiación solar es el propio producto.

- En este tipo de secador el producto va colocado generalmente en bandejas de malla, situadas dentro de una cámara cubierta con una o dos láminas de vidrio, las cuales dejan pasar la radiación solar directamente hasta el producto como se aprecia en la figura 37
- Al captar la radiación, aquel se calienta y por ello aumenta la presión de vapor de agua en su superficie, con lo cual se acelera el proceso de secado. Este secador es sencillo, barato, de fácil construcción y operación.

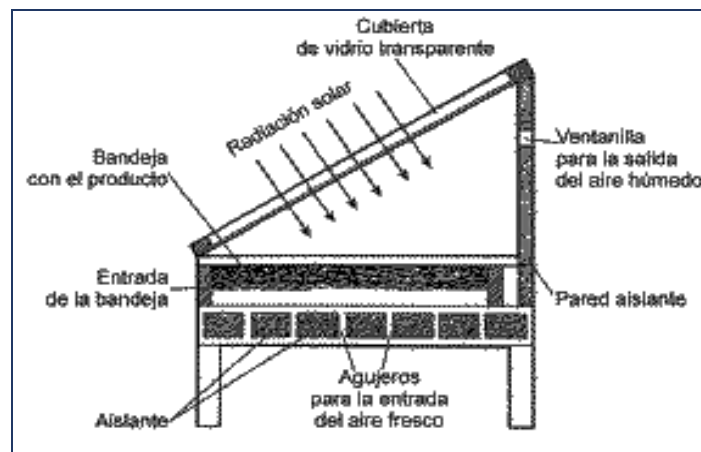


Figura 37: Secador solar de radiación directa.

Sus principales inconvenientes son la baja eficiencia cuando el producto o material es mal absorbedor de la radiación solar (superficies blancas o muy claras); baja capacidad de la cámara de secado al no poder poner bandejas en columnas, ya que unas tapan a las otras; algunos productos pierden calidad (pérdidas de vitaminas y proteínas, decoloración, etc.) al contacto con la radiación solar directa.

3.3.2.2. Secador solar de radiación infrarroja.

- La energía solar es captada por una superficie metálica ennegrecida, la cual se calienta. El producto va colocado generalmente en bandejas hechas con mallas, para dejar pasar el aire, como se muestra en la figura 38.
- El material se calienta, principalmente por la radiación infrarroja que recibe de la superficie captadora y, por lo tanto, no recibe la luz solar

directamente; al calentarse, acelera la evaporación de la humedad de su superficie.

- La corriente de aire que extrae la humedad se regula por ventanillas de entrada y salida y por el cambio del ángulo de inclinación α . El cambio de este ángulo sirve también para regular la temperatura, en caso de que se requiera.

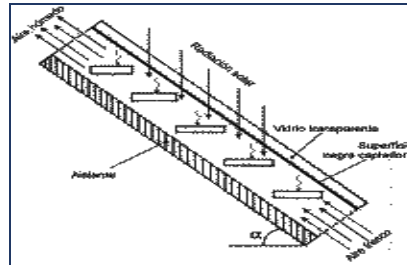


Figura 38: Secador solar de radiación infrarroja

3.3.2.3. Secador solar de conducción de calor.

- En la cual el producto o material a secar va colocado en la superficie metálica captadora de la radiación solar, y el calor es transmitido principalmente por conducción directamente del metal al producto.
- Este secador es utilizado para deshidratar sustancias pastosas que no se perjudiquen al recibir la radiación solar directa, ya que parte del calor lo reciben también directamente del Sol, como puede verse en la figura 39
- En este secador, el producto va colocado en tiras finas sobre la superficie captadora, dejando gran parte de ésta sin cubrir. De esta forma la superficie funciona como si fueran aletas que transmiten el calor al producto.
- El área de captación va cubierta, como en otros captadores solares, por una o dos láminas de vidrio transparente y aisladas por el fondo para disminuir las pérdidas de calor. Este secador es también muy sencillo, pero sólo tiene uso en determinados tipos de productos.

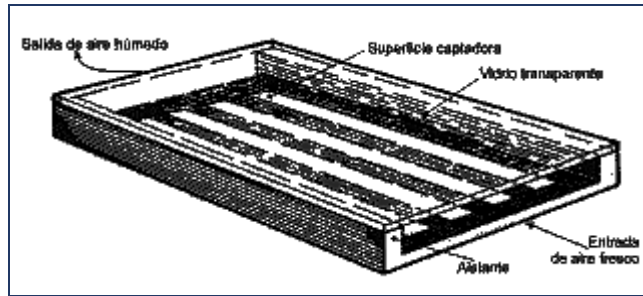


Figura 39: *Secador solar por conducción de calor.*

3.3.2.4. Secador solar por convección de calor.

- Transmite el calor, como su nombre lo indica, principalmente por el movimiento del aire caliente; por ello, en este tipo de instalación la radiación solar es captada por calentadores de aire y después éste pasa a través del producto, donde elevan la temperatura y evapora el agua de su superficie. Este mismo aire arrastra la humedad del producto, produciendo su secado.
- Estos secadores pueden ser de convección natural o forzada.
- En el secador por convección natural, al calentarse el aire, se hace más ligero y asciende, con lo que crea corrientes de aire seco que extrae la humedad del objeto a secar. En el secador por convección forzada, el aire se mueve con el auxilio de ventiladores.
- En algunos diseños, la radiación solar es captada por calentadores de agua y después el aire se calienta en intercambiadores de calor. Esto posibilita la acumulación de energía para contrarrestar el efecto negativo de la nubosidad.
- El secador solar de convección es el más usado, ya que tiene las siguientes ventajas, el secado del producto es más uniforme; la calidad del producto es, en muchos casos, mejor, al no incidir sobre el mismo la radiación solar directa; la cámara de secado puede ser de mayor capacidad con relación al volumen que ocupa; la manipulación del producto es generalmente más fácil, por estar más concentrado; el control de los parámetros de secado es más sencillo, ya que puede regularse por medio del aire; es menos sensible a la nubosidad al tener mayor capacidad térmica que los modelos anteriores; pueden ser

diseñados con recirculación de aire y, por lo tanto, la eficiencia de la instalación aumenta (ver figura 40).

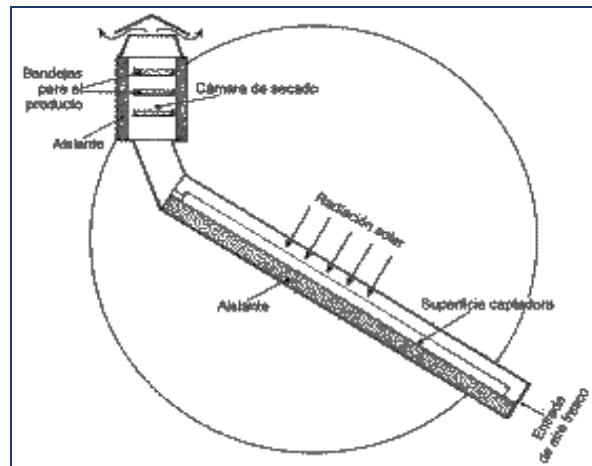


Figura 40: *Secador solar por convección.*

3.3.2.5. Secador solar rotativo

El secador solar rotativo consta de una caja de madera con el frente y el fondo de tela de alambre. La caja tiene un eje central, que es un tubo de hierro galvanizado de 3/4 de pulgada, que se apoya en dos pequeños pilares de madera, que permiten la rotación. El secador es de inclinación variable, y su eje de rotación está alineado en la dirección norte-sur. La inclinación debe acompañar los movimientos del sol para aprovechar mejor la energía solar, por lo que el secador se debe mover de posición varias veces durante el día.

Las variables que influyen en el proceso de secado, en el secador rotativo, son las mismas que en el secado de patios. La diferencia principal radica en que los secadores rotativos, además de aprovechar mejor la energía solar, aprovechan también la acción del viento. El secador solar rotativo es una opción para el secado de granos a nivel del pequeño agricultor y puede sustituir totalmente el uso de los patios.

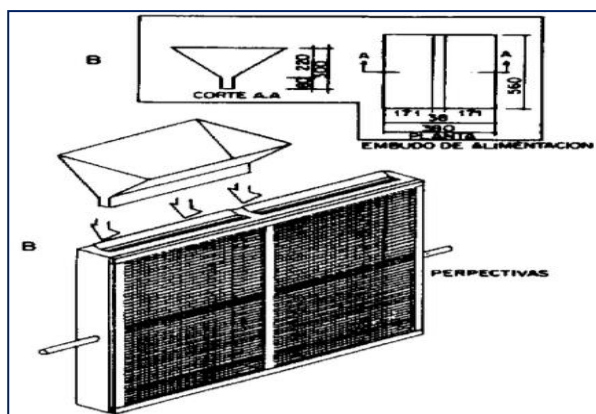


Figura 41: Secador solar rotativo.

El secador solar rotativo que se presenta en la figura 41, puede ser utilizado para todo tipo de granos; sin embargo, se debe tener cuidado de que los orificios de la malla de alambre que se utiliza en su construcción sean lo suficientemente pequeños para evitar la salida del producto que va a secarse.

Dimensiones. La dimensión básica de la caja del secador solar rotativo es de 1,20 metros de ancho por 1,20 m de alto y 0,15 m de espesor. En un secador de este tamaño caben aproximadamente 200 litros de granos (100 kg - 150 kg de cacao). La cantidad de secadores rotativos que son necesarios para una propiedad agrícola se calcula de acuerdo con la producción media, el tiempo medio de secado y el número de días que se requieren para la cosecha.

La siguiente fórmula puede emplearse para calcular el número de secadores solares rotativos de 1,20 x 1,20 x 0,15 m:

$$n = 4,63 \frac{PT}{N}$$

Donde:

n = número de secadores rotativos de 1,20 x 1,20 x 0,15 m

P = producción media de la cosecha, en metros cúbicos

T = tiempo medio de secado en la región, en días

N = número de días de cosecha (Becerril, 1997).

3.4 Secado artificial

Para el secado artificial de cacao existen básicamente dos métodos: uno que emplea altas temperaturas (entre 45°C y 120°C, o más en algunos casos) y el otro, que emplea bajas temperaturas. El secado a bajas temperaturas (con o sin calentamiento suplementario del aire de secado) es un proceso de gran eficiencia energética, con el cual se obtiene un producto final de óptima calidad cuando se realiza en forma adecuada, ya que la temperatura sólo se incrementa en unos pocos grados más arriba de la temperatura ambiente (1–5 °C). El principal problema que se presenta en el secado de granos a bajas temperaturas lo constituye el peligro de deterioración del producto debido al largo tiempo que se requiere para el secado. El secado artificial con altas temperaturas es más rápido; sin embargo, la eficiencia energética es menor.

Los sistemas para el secado artificial de granos están constituidos por un ventilador que mueve el aire y que lo fuerza a pasar por la masa de granos, una cámara para contener el grano y un quemador que permite aumentar la temperatura del aire de secado. Cuando el grano se va a secar en flujos continuos, los secadores requieren equipos especiales para llenarlos con granos húmedos y para vaciarlos cuando los granos están secos. En los secadores estacionarios o por lotes, el grano se retira del secador después que se ha secado y enfriado. Cuando el secado se realiza a bajas temperatura, el grano puede ser almacenado en el lugar del secado.

➤ Secado con aire movido por convección natural.

Los secadores cuyo aire se mueve por efecto de la convección natural pueden ser una opción para solucionar los problemas de secado en las pequeñas propiedades rurales. Estos secadores pueden construirse con materiales simples; ocupan mano de obra poco especializada; y pueden utilizar como combustible leña o sub-productos agrícolas, tales como residuos de tallos, hojas y ramas para el calentamiento del aire de secado. El aire se mueve por las variaciones de presión, sin necesidad de un ventilador. Las variaciones de presión en el aire son ocasionadas por las diferencias de temperatura y humedad del aire de secado y del aire ambiente. En este tipo de secador, los productos de combustión como la leña o los sub-productos agrícolas no entran en contacto con el producto, lo que evita que se contamine con olor y sabores desagradables.

En general, este tipo de secador está formado por: una cámara para uniformar la temperatura del aire de secado; un quemador/intercambiador de calor principal; otros quemadores adicionales; chimeneas para sacar los gases de combustión; una entrada de aire; una estructura para fijar el piso perforado; un piso perforado; una puerta de entrada a la cámara de combustión; una puerta de inspección de los intercambiadores de calor; y una cámara de distribución de los gases de combustión con regulación de la salida de los mismos.

Dimensiones del secador. A continuación, se describe un modelo de secador de seis metros cuadrados de superficie (2,5 m x 2,5 m) cuya capacidad máxima de carga es de 11 sacos de 60 kg de cacao. El secador se puede construir para una mayor capacidad de carga, pero no se recomienda que sea mayor de 3 m x 3 m. Para construir secadores con dimensiones diferentes a 2,5 m x 2,5 m se requiere realizar los cambios necesarios correspondientes a materiales y pasos para la construcción.

➤ **Secado en lecho fijo.**

Descripción y aspectos generales. El secado de lotes de granos y semillas en un secador de lecho fijo es una operación simple. El costo inicial para la instalación de este sistema de secado puede estar al alcance de la gran mayoría de los agricultores, ya que es más bajo que el de un secador comercial.

Las partes que componen el secador de lecho fijo son:

- i) la cámara de secado,
- ii) un piso de lámina o chapa metálica perforada,
- iii) una cámara de distribución del aire con expansión gradual,
- iv) un ventilador para mover el aire y
- v) un horno de calentamiento.

La construcción en su mayor parte es de albañilería

Cámara de secado. La cámara de secado se encuentra arriba de la chapa perforada y en ella se coloca el material que va a ser secado. Sus dimensiones varían en función de la cantidad de granos que se va a secar. En el Brasil, por lo general se utiliza una capa de

granos de 0,40-0,60 m de altura, ya que si se secan los granos con una altura superior se pueden presentar problemas de falta de uniformidad en el secado. Para evitar este problema se recomienda revolver los granos a intervalos regulares, de modo que al final del proceso su contenido de humedad sea uniforme (Restrepo. A. Burbano. J., 2005).

Si la capa de granos es muy alta, es difícil revolver los granos en forma manual. La altura de la cámara de secado es de 0,70 m y debe estar provista de puertas en sus paredes laterales con el objeto de permitir la descarga y el envasado del producto, y se deben colocar deflectores en sus esquinas para evitar la canalización del aire.

Lámina chapa perforada. La cámara de secado está separada de la cámara de distribución de aire por una lámina o chapa metálica perforada de 1,5 mm de espesor. Esta chapa debe tener perforaciones circulares de hasta 1,5 mm de diámetro, en un mínimo del 10 por ciento de su superficie total. La chapa perforada tiene el objetivo de sustentar el producto y permitir el paso de aire por la masa de granos.

Cámara de distribución de aire con expansión gradual. La cámara de distribución de aire está debajo de la chapa perforada. La altura de esta cámara se dimensiona de modo que la velocidad del aire proveniente de la expansión gradual sea la menor posible, para evitar pérdidas de la presión del ventilador y facilitar la distribución del aire en la masa de granos. Generalmente, esta cámara se construye con una altura de 0,5 m, lo que facilita el proceso de envasar los productos durante la descarga del secador. La expansión gradual es la parte del secador de lecho fijo que conecta el ventilador con la cámara de distribución del aire. Su principal función, por lo tanto, es reducir la velocidad del aire que sale del ventilador.

Ventilador. El tipo de ventilador más empleado en el secador de lecho fijo es el centrífugo de aspas inclinadas hacia atrás. Las dimensiones del ventilador se calculan en base al flujo de aire que se desea pasar por la masa de granos y la altura de la capa de granos. El flujo de aire que se utiliza para el secado de granos en este tipo de secador varía de 10 a 30 m³ de aire por cada metro cúbico de producto. La temperatura del aire de secado varía entre 35°C a 70°C. Se recomienda que el ventilador esté conectado al motor por medio de correas o bandas de transmisión, ya que el aire de secado (aire caliente)

pasa por el ventilador. La presión que el ventilador suministra al aire se debe calcular considerando el producto que presenta mayor resistencia al paso del aire.

Horno para calentamiento del aire. Para calentar el aire se puede utilizar cualquier tipo de horno o quemador. El combustible que se utiliza depende del tipo de horno o quemador y pueden ser los subproductos agrícolas, la leña, derivados del petróleo, gas metano, propano, etc. En Brasil, donde está prohibida la quema de combustibles derivados del petróleo para el secado de productos agrícolas, se emplea la leña como combustible en la mayoría de los hornos de los secadores. En los países con problemas de deforestación se recomienda utilizar otros productos como la cascarilla de arroz, paja, residuos de mazorcas, etc. (Arita, E.,2013).. Este tipo de secador se presenta en la figura 42.

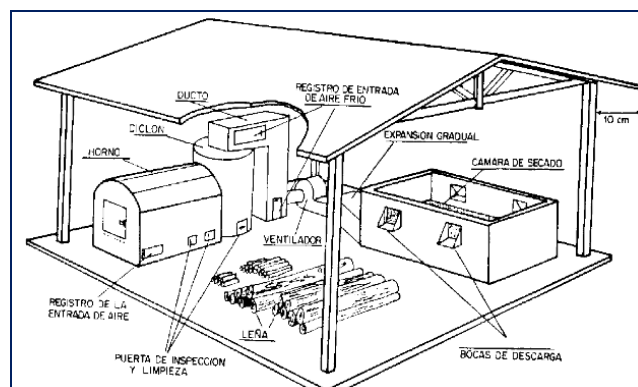


Figura 42: Esquema del secador lecho fijo.

➤ **Secadores de columna.**

Los secadores de columna, pueden usarse de dos maneras: i) los granos permanecen sin movimiento, y ii) los granos se recirculan mecánicamente. Este segundo sistema permite una mayor homogeneidad del secado. El producto baja por columnas verticales, compuestas de chapas perforadas, con una capacidad de 0,30 metros de columna de granos. En los secadores de columna, los granos están sometidos a un flujo de aire del orden de 54 a 108 m³ por minuto por tonelada de grano con temperaturas de 70 a 95°C. Esto hace que el secado sea rápido, pero la eficiencia térmica del secado es baja. Para secar maíz con un contenido de humedad de 25 por ciento y una humedad final de 13 por

ciento, se requiere un período de secado de dos o tres horas, seguido por un período de más o menos 30 minutos para el enfriamiento (Arita , E.,2013). Este tipo de secador se presenta en la figura 43.

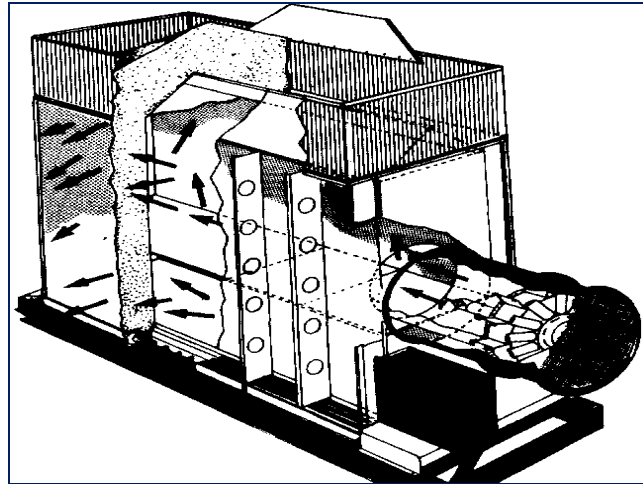


Figura 43: Esquema secador en columna.

➤ **Secadores de flujos cruzados**

Los secadores de flujos cruzados se caracterizan porque el aire pasa en forma perpendicular a la masa de granos, que baja lentamente entre dos láminas o chapas perforadas. Este tipo de secador se presenta en la figura 44.

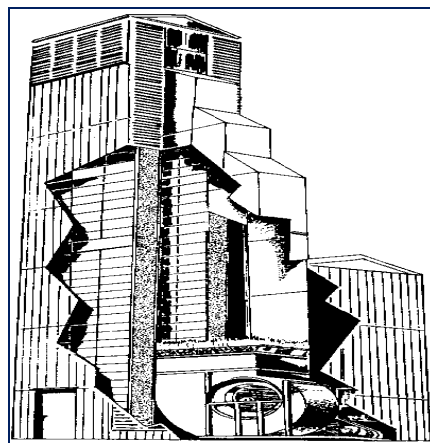


Figura 44: Esquema secador de flujo cruzado.

En este tipo de secador, generalmente el producto que está en contacto con la superficie de la chapa perforada, a su vez está en contacto con el aire de secado, tiende a sufrir sobrecalentamiento y secado excesivo, mientras que los granos próximos a la salida del

aire de la columna pueden permanecer húmedos, dependiendo de la temperatura y flujo de aire que se utilicen en el secador.

En este tipo de secador, el tiempo de retención del grano en la torre, o sea el tiempo que demora el grano en pasar a través de la secadora es bastante reducido (15 a 20 minutos). El control de la temperatura de secado exige mayor cuidado de parte del operador porque el producto que está en contacto con la chapa interna cercana a la entrada del aire caliente, está expuesta a un aire más seco y a temperaturas mayores.

Estos diseños consideran:

- reversión de la dirección del flujo de aire a la mitad de la altura de la cámara de secado;
- introducción de zonas de reposos entre las zonas de secado;
- reutilización de parte del aire de secado (más o menos 5096);
- utilización de un dispositivo que alterna la posición de los granos en relación con la entrada del aire de secado, o sea, que los granos más húmedos pasan por la parte interna del secador (entrada del aire de secado) y los granos más secos ocupan la parte externa.

➤ **Secadores del tipo cascada o canaleta.**

Los secadores de tipo cascada están constituidos por una serie de canaletas en forma de "V" invertida, colocadas en líneas alternadas o cruzadas, a intervalos de más o menos 0,30 metros. Los granos fluyen hacia abajo por acción de la fuerza de gravedad, encima de las canaletas invertidas. Este diseño fue desarrollado en la Universidad del Estado de Louisiana (LSU) en los Estados Unidos y se muestra en la figura 45.

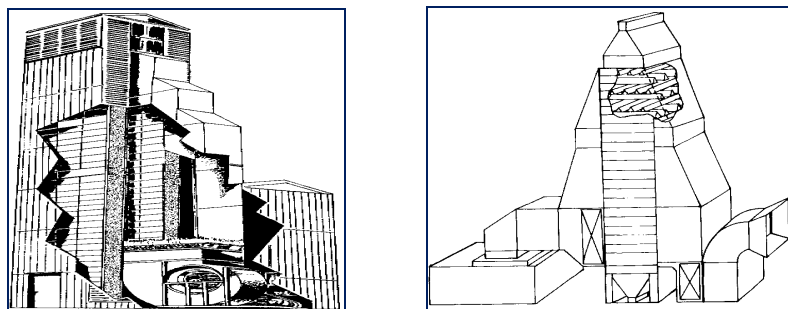


Figura 45: Esquemas correspondientes; izquierda a derecha

- Secador de tipo cascada con canaletas separadas.
- Secador de tipo cascada con canaletas cruzadas.

En este tipo de secadora, el tiempo que demora en pasar el grano por la torre es bastante mayor que en el de columna, ya que el "tiempo de retención" puede ser de 30 a 45 minutos o más. El aire para el secado entra a través de un conjunto de canaletas y sale por el conjunto de canaletas superior e inferior. Al descender por el cuerpo del secador, los granos se mueven tanto en sentido concurrente como en contra-corriente al aire. El producto llega al sistema de descarga con un contenido de humedad uniforme, ya que se mezcla en forma eficiente durante el proceso.

Los secadores del tipo cascada fueron los primeros modelos de secadores continuos utilizados comercialmente, pero están siendo sustituidos en los países en razón de su elevado costo inicial (gran cantidad de material para su construcción) y problemas de contaminación. Además, exigen cuidados en relación al flujo del producto. Cuando los granos están limpios se obtiene un secado uniforme, pero si la masa de granos contiene impurezas, el flujo del producto se dificulta y hay peligro de incendio. Por esta razón, es indispensable limpiar los granos antes de someterlos al proceso de secado.

➤ **Secadores para secado intermitente**

Los secadores continuos pueden ser usados para el secado intermitente, para lo cual basta con pasar nuevamente el producto por la secadora, después de un período de reposo. Los secadores para secado intermitente son aquellos que no eliminan la humedad del producto en un solo paso, siendo necesario pasar el producto más de una vez por el secador para obtener la humedad deseada.

Existen secadores especialmente diseñados para el secado intermitente. En estos secadores, que tienen una cámara de reposo en la parte superior, los granos permanecen un cierto tiempo en dicha cámara y, por lo tanto, en menor contacto con el aire de secado. El objetivo de la cámara de reposo es permitir que se homogenice la humedad de los granos, lo que facilita su secado posterior y evita las fisuras y el quebrado. Debido al hecho de que los granos permanecen poco tiempo en contacto con el aire en cada paso por la cámara de secado, la reducción de la humedad es menor.

El empleo de secadores del tipo cascada es común en los países de América Latina y muchas veces son utilizados para el secado intermitente. Es importante notar que en estos casos, la capacidad nominal del secador disminuye proporcionalmente al número de veces que se pasa el producto por el secador, y que esto debe ser considerado en el diseño de sistemas de secado/almacenamiento de unidades almacenadoras comerciales. Estos secadores están formados por varias cámaras de secado, intercaladas con cámaras de reposo; así, los granos entran húmedos en el secador y salen secos en un solo paso, haciendo que el flujo de secado sea continuo. La utilización del secador en varias etapas para el secado intermitente tiene ventajas en relación con el secado por recirculación del producto en secadores que no tienen zonas de reposo, puesto que es posible utilizar diferentes temperaturas y flujos de aire en cada cámara de secado, mejorando el uso del secador.

➤ **Secado combinado.**

El secado combinado es la técnica que utiliza un sistema a altas temperaturas con el fin de bajar el contenido de humedad de los granos hasta en un 16 a 18 por ciento, para completar después el secado con un sistema a bajas temperaturas (Figura 46).

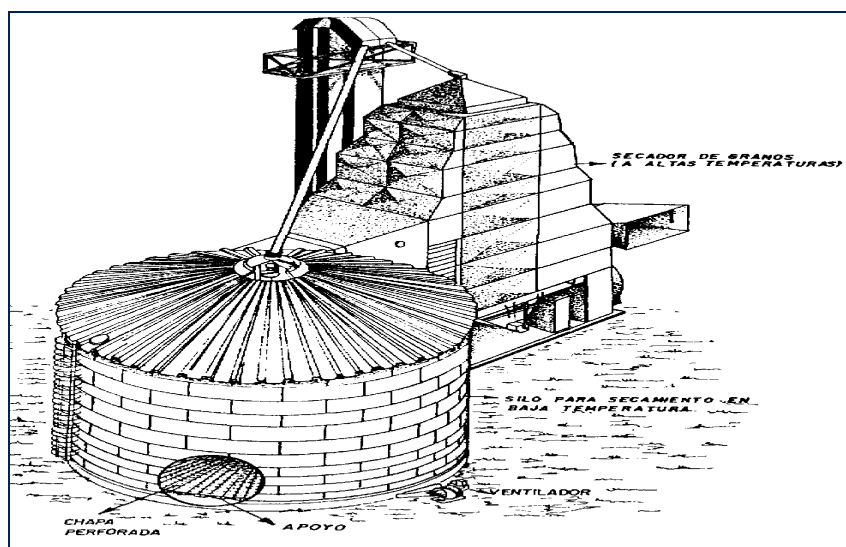


Figura 46: Esquema del sistema de secado combinado.

La eficiencia térmica de los secadores de altas temperaturas aumenta considerablemente cuando forman parte de un sistema de secado combinado. Las principales razones para el aumento de la eficiencia son: i) los secadores operan cuando el contenido de humedad de los granos es más fácil de evaporar, y ii) la zona de

enfriamiento del secador, por lo general, no se utiliza, porque los granos deben llegar calientes a los sistemas de secado a bajas temperaturas. Muchas veces la zona de enfriamiento se puede convertir en zona de secado, lo que aumenta la capacidad de los secadores. Las ventajas de los sistemas de secado combinado necesitan explotarse mejor a nivel de grandes haciendas y cooperativas.

Seca-aireación de granos.

La seca-aireación de granos es un proceso que utiliza un secador de altas temperaturas para bajar el contenido de humedad del grano en uno a tres puntos porcentuales arriba del nivel ideal para el almacenamiento, sin enfriar el grano. El producto caliente se transfiere a un silo, donde permanece en reposo por un período de cuatro a seis horas, para ser ventilado después utilizando el sistema de aireación del silo, el cual debe tener la capacidad para realizar esta función en un período de 12 a 16 horas.

El proceso de seca-aireación presenta tres ventajas en comparación con el proceso de secado a altas temperaturas con zonas de enfriamiento: i) reducción del consumo de energía; ii) producto final de mejor calidad; y iii) aumento de la capacidad de secado del secador.

Durante el proceso de secado a altas temperaturas se genera en el interior de los granos un diferencial en su contenido de humedad, ya que la parte interna se mantiene más húmeda que la parte superficial. Durante el periodo de reposo del proceso de seca-aireación, la humedad interna del grano se hace uniforme, lo que permite su reducción en uno a tres puntos porcentuales adicionales durante el período de ventilación. Cuando el enfriamiento se realiza en el secador mismo, no se puede eliminar la misma cantidad de agua, porque el enfriamiento se lleva a cabo inmediatamente después del secado, en un intervalo de tiempo muy pequeño, sin aprovechar la energía en forma de calor sensible almacenada en el grano (Arita, E. ,2013).

Cuando se utiliza el proceso de seca-aireación, el consumo de energía es menor, las tensiones internas desarrolladas en el grano son menores que en el proceso de secado a altas temperaturas y con enfriamiento rápido, los granos se quiebran menos y los daños disminuyen durante las operaciones posteriores al secado. En el proceso de seca-

aireación, la velocidad del flujo puede ser aumentada en el secador, dado que la cantidad de humedad a ser eliminada es menor. El aumento del flujo de granos permite utilizar temperaturas más elevadas del aire de secado, en razón de que el producto permanece menos tiempo en el secador. Con el aumento de temperatura, el aire tiene más capacidad de secado y su eficiencia energética aumenta (Arita, E., 2013).

Con la utilización del proceso de seca-aireación, generalmente se obtiene una economía del 20 al 40 por ciento de energía y un aumento de la capacidad de secado del 50 al 75 por ciento. Estos aumentos dependen del contenido inicial de humedad de los granos, de las condiciones climáticas y de las características de la unidad almacenadora.

3.5. Secado de granos de cacao

Antes del secado de los granos de cacao se hace la operación de fermentación, esta etapa del beneficiado consiste en depositar el cacao fresco en cajones de madera como se aprecia en la figura 47 para inducir las transformaciones físicas y bioquímicas dentro y fuera de las almendras (granos). El proceso dura normalmente de 3 hasta 7 días dependiendo del tipo de cacao y de las condiciones climáticas de la zona. Durante la fermentación se realizan volteos para que todos los granos generen una temperatura por encima de 40°C, este incremento de temperatura promueve la generación de sustancias precursoras del aroma y sabor característicos del chocolate (Dubón y Sánchez, 2011).



Figura 47: Fermentadores del cacao.

En la figura 47, se ilustra el área del fermentador de cacao. Se puede observar el proceso de fermentación del cacao donde se coloca el cacao en baba en los cajones de madera durante 3 a 7 días.

El secado consiste en bajar el contenido de humedad de las almendras (granos) fermentadas del 56 % aproximadamente (al salir de la fermentación) hasta el nivel del 6.5 %. No debe reducirse más la humedad porque cuando baja del 6 % las almendras se vuelven quebradizas y sufren durante el transporte, pero si no se secan adecuadamente ($> 7\%$) son muy propensas a contaminarse de mohos (hongos) lo cual constituye uno de los peores defectos de la calidad (Dubón y Sánchez, 2011).



Figura 48: Secado natural del cacao.

En la figura 48 se ilustra el proceso de secado de cacao. Se observa la manera natural de secar el cacao; el secado natural dura entre 5 a 7 días en condiciones climáticas adecuadas.

El proceso de secado no constituye una simple reducción de humedad, sino que los cambios químicos continúan mientras el contenido de humedad desciende con lentitud hasta que se detienen por la falta de humedad o la inactivación de las enzimas por otros medios (Hernandez, Jose, 2008)

Por este motivo el proceso no debe ser muy rápido durante los dos primeros días, la alta temperatura puede inactivar las enzimas (Hernandez, Jose, 2008)

La rapidez del secado varía según el método que se emplee. El secado solar natural en patios secadores es la forma más antigua y difundida del empleo de la energía solar (Hernandez, Jose, 2008). En caso que el secado sea solar; es decir, al aire libre dura de 5 a 7 días. Esto dependerá de las condiciones atmosféricas para deshidratar óptimamente las almendras. Se sabrá que ha completado el secado del cacao cuando a la presión de los dedos índice y pulgar, se rompan los granos fácilmente. También podrá secarse el cacao en secadores calentados artificialmente, en cuyo caso deberá prepararse para que el grano no adquiera el olor a humo (Hernandez, Jose, 2008)

3.5.1. Parámetros a considerar para el secado de cacao

Además de la genética del material sembrado, la calidad del grano de cacao está directamente relacionada con un adecuado proceso de fermentación y secado. Los estándares internacionales requieren que el cacao de calidad comercial sea fermentado, completamente seco (6.5 % humedad), libre de granos con olor a humo, de olores anormales y de cualquier evidencia de adulteración. Debe encontrarse razonablemente libre de insectos vivos, de granos partidos, fragmentos y partes de cascara y uniforme en tamaño (Dubón y Sánchez, 2011).

Los centros de acopio que son denominados cooperativas, son donde ellos compran el cacao en baba a los productores de cada zona para ellos realizar el proceso de beneficiado y posterior venderlo a compradores del exterior, como mencionar a la empresa Suiza, Chocolats Halba (Arita, 2013). La eliminación del exceso de humedad, que queda en el grano al finalizar la fermentación, es importante porque evita el desarrollo de mohos que deterioran la calidad (Rohan, 1964) y facilita el almacenamiento (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap et al., 1994), manejo y comercialización del cacao. Sin embargo, la reducción de la humedad debe ser hasta valores del 6 al 7%, máximo 8% (Covenin, 1995), ya que si se reduce demasiado el grano se vuelve muy quebradizo (Dirección Regional Agraria San Martín, 2010).

El desarrollo de los pigmentos de color marrón, a partir de los compuestos fenólicos, es otra fase relevante del secado, lo cual solamente ocurre en dicha etapa (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap et al., 1994). Además, los precursores del sabor, tales como aminoácidos libres, péptidos y azúcares no reductores pueden presentar algunos cambios químicos

asociados con reacciones térmicas (Puziah et al., 1999), lo cual conjuntamente con los cambios bioquímicos, productos de la fermentación, son determinantes de la calidad del cacao beneficiado, constituyendo un factor importante en su comercialización y utilización en la agroindustria. El secado natural por exposición al sol es comúnmente usado por los productores de las diversas regiones cacaoteras del país, debido a que es un método simple, económico y que permite el manejo de pequeñas cantidades. Entre las desventajas de este método destacan el tiempo que tarda el proceso, la labor requerida, la necesidad de extensas superficies para secar los granos y además su dependencia de las condiciones climáticas (Jinap et al., 1994), condiciones que pueden variar de una zona a otra y en una misma zona durante el año (Ghosh y Cunha, 1975), lo cual, va a influir sobre las horas de exposición diaria al sol y del tiempo necesario para el secado.

En la zona costera, el secado es realizado en patios de cemento y se ha observado que la textura del piso y la frecuencia de remoción de los granos no influyen sobre las características químicas ni sobre el color del grano, en cambio sí afectan los porcentajes de cáscara, de granos partidos y múltiples (Ortiz de Bertorelli et al., 2004). El proceso en dicha región se ha venido realizando según costumbres culturales transmitidas por generación, con variaciones entre los productores y entre las zonas, sin dar importancia a las buenas prácticas en el manejo agronómico ni en el beneficio, lo que ejerce un efecto desfavorable sobre la calidad del producto final, ocasionando pérdidas. Entre las operaciones que contempla el proceso del cacao, el secado ha sido la más relegada, de allí la relevancia de su estudio, por lo que el objetivo de este trabajo consistió en evaluar algunos de los cambios físicos y químicos que ocurren en el secado natural al sol del grano fermentado de cacao tipo criollo, empleando en la fermentación los dos diseños de los cajones de madera (Graziani de Fariñas et al., 2003), se busca generar información que sirva de apoyo a los productores de cacao para la obtención de un producto de alta calidad y a los técnicos para considerar posibles mejoras tecnológicas en el secado del cacao.

3.5.2. Tipos de secadores de granos de cacao

El secado del cacao consiste en exponer las almendras ya fermentadas a la acción del calor, ya sea por medios naturales o artificiales, para reducir su contenido de humedad

interior a menos del 7%, a fin de facilitar el manipuleo, conservación y evitar daños en la calidad por acción de mohos.

En la actualidad existen numerosos tipos y diseños de secadores de granos para alimentos, cada uno de ellos tiene su particularidad y obedece a condiciones tales que favorezcan a una u otra condición dentro del proceso de secado, sin duda la elección de uno u otro tipo de secador se relaciona con la economía y eficiencia del proceso, y que generalmente estas dos variables se contraponen en los distintos tipos de secado. Podría decirse que un secador que resulta más económico o que su proceso es más económico, dará como resultado baja eficiencia del producto seco. Por el contrario al aumentar los costos del equipo aumentará la eficiencia del mismo, es decir aspectos fundamentales que deben tomar en cuenta al momento de la elección de un tipo específico de secador. En América Latina, una parte importante de la producción de granos se seca todavía en forma artesanal, es decir, se seca en el campo durante largos períodos. El uso de esta técnica acarrea elevadas pérdidas de producción, puesto que los granos quedan expuestos, durante lapsos prolongados, a condiciones adversas y presencia de depredadores (Soria, 2006).

3.5.2.1. Secado natural

Es el procedimiento más común empleado por los agricultores mediante la utilización de tendales, pero su uso depende de la época y la zona, (puede variar entre 5 y 6 días).

- Los tendales pueden ser de cemento los cuales deben tener una ligera pendiente para facilitar el drenaje, el otro tipo es de caña picada sobre montículos de arena para lo cual se utiliza caña de bambú que resulta económico para el productor del cultivo de cacao.
- En el primer día de secado se aconseja extender los granos en una capa gruesa de unos 8 cm de espesor, para ir disminuyendo su espesor los días siguientes.

Otro tipo de tendal son las denominadas marquesinas que son de madera o de caña con un caballete sobre el cual se despliega una lámina plástica térmica transparente para evitar las lluvias y bajas temperaturas. En el

cuadro 5 se muestra las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del secado natural y las estrategias para contrarrestar.

Cuadro 5: Análisis FODA del secado natural

<p style="text-align: center;">FACTORES INTERNOS</p> <p style="text-align: center;">FACTORES EXTERNOS</p>	<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Estructura poco especializada. - Secado uniforme. - En condiciones ideales, se logra el porcentaje de 	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Proceso lento. - Falta de capacidad de secado en base a la cantidad procesada. - Generación de moho
<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor apoyo a los productores de cacao. - Generación de fuentes de empleo 	<p style="text-align: center;">Estrategia para maximizar las fortalezas y oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la organización administrativa de la cooperativa. - Promover alianzas con organizaciones públicas y privadas para apoyar a los productores y centros de acopio. - Impulsar la producción de cacao en la zona mediante incentivos e imagen comercial. 	<p style="text-align: center;">Estrategia para minimizar las debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar otro centro de acopio adicional que sea de fácil acceso para los productores lejanos al centro de acopio actual. - Trabajar en equipo con los Productores para ganar experiencia y poder ser más competitivos.
<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Interrupción del secado por mal clima. - Incertidumbre e inestabilidad 	<p style="text-align: center;">Estrategia para minimizar las amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tener la alternativa de un secador artificial para contrarrestar el mal clima. 	<p style="text-align: center;">Estrategia para minimizar tanto las amenazas como debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contar con instrumentos de medición para comprobar la calidad el grano, por ejemplo el medidor de humedad. - Fomentar relaciones comerciales con otros clientes

3.5.2.1.1. Tipos de secadores naturales:

El secado es esencial para completar el proceso de beneficiado del grano de cacao, el contenido final de humedad del grano debe ser de un 6.5 % máximo, se obtienen mejores resultados con el secado bajo el sol, pero cuando el clima no lo permite, el uso de secadores artificiales se toma como alternativa para continuar con el proceso de secado, los cuales pueden dar resultados satisfactorios siempre que se observen ciertos detalles importantes de su fabricación (Saravia, 2011).

Existen dos métodos de secado, el natural y artificial, con distintos tipos de secadores, como el secador natural y el secador artificial.

A). Secado natural en marquesina.

Son secadores contruidos tanto con plataforma de madera y cemento y los más apropiados están acondicionados con superficies especiales fabricadas de segmentos plásticos perforados aunque la madera es el mejor material porque su comportamiento es más homogéneo en cualquier época del año. El techo de estos túneles o marquesinas es de plástico UV, exclusivo para invernaderos (20 micras de espesor), el cual se coloca sobre una estructura metálica o plástica en forma de arco o de túnel y evita la condensación de la humedad.



Figura 49: Secador natural tipo marquesina.

En la figura 49, se muestra lo que es el modelo de un secador natural tipo marquesina, en este tipo de secadores es muy importante la

circulación de aire, por lo que es necesario tomar en cuenta la dirección del viento al momento de su construcción. Para que haya mayor circulación de aire dentro del túnel se deja en la parte superior del techo un caballete que facilite la ventilación, desde luego separado del resto del techo pero sin riesgo de entrada de agua de lluvia.

Según Saravia (2011), las especificaciones técnicas de este secador son:

- 1) Las dimensiones del secador son de 6.00 x 17.00 m = 102 m² con un pasillo central de 1.00 m de ancho y en laterales de 0.50 m. Las dimensiones de las bandejas de secado son 2 veces 2.00 x 16.50 m, lo que resulta un área total de secado de 66 m² y considerando que el tiempo de secado natural por tanda es de 38 horas distribuidas en 7 días, con esta área se puede secar una vez por semana.
- 2) Con una capa de 8 cm de alto, se pueden secar por bandeja 2046 kg de cacao húmedo fermentado por tanda, como se muestra en el cuadro 6.

Cuadro 6: Capacidad de una bandeja de secado en kg por tanda

Dimensiones de capa de secado (m)	Volumen (m ³)	Densidad del cacao húmedo fermentado (kg/m ³)	Cantidad de cacao húmedo fermentado (kg)
2 x 16.50 x 0.08	2.64	775	2046

En el cuadro anterior, se calcula la cantidad de cacao húmedo fermentado por bandeja que se puede secar con una capa de 8 cm de alto, tomando en consideración la densidad del cacao húmedo fermentado. Por lo tanto, al multiplicar los 2046 kg por las dos bandejas, se obtiene una capacidad de secado de 4092 kg equivalente a 4.09 TM a la semana o 98.16 TM anual.

El área del suelo es cubierto con grava 3/4 con un espesor de 7.5 cm.

Su estructura es de madera soportada sobre pedestales de concreto.

Su cubierta es plástico UV calibre 6 o mayor.

Su altura es de 1.50 m en sus laterales y de 2.50 m en el centro, luego 0.50 m más para el techo de tipo campana.

En el perímetro va instalada zaranda para la entrada de aire y evitar la entrada de animales; tendrá un altura de 0.60 m.

Calidad A 55% y calidad B 45%.



Figura 50: Interior de un secador natural tipo marquesina.

En la figura 50, se ilustra el interior de un secador natural tipo marquesina según las especificaciones mencionadas anteriormente.

Las ventajas de este tipo de secador son:

- 1) El porcentaje de humedad requerido es alcanzado en condiciones climáticas ideales.
- 2) No hay riesgo de contaminación de olores anormales.
- 3) Mayor uniformidad en el secado.
- 4) Estructura poco especializada.

Las desventajas de este secador son:

- 1) Dependencia de las condiciones climáticas.

- 2) Baja eficiencia por la duración del secado.
- 3) Riesgo de generación de moho interno en el grano debido a la prolongación en el tiempo de secado.

En la figura 51 se observa la manera de secado natural del cacao en una marquesina utilizando el calor solar.



Figura 51: Parte interna del secador solar marquesina

B) Secador tipo bandeja

- El secado en bandejas tiene la ventaja de que se utiliza para el fermentado, su construcción es sencilla y barata (Figura 52).
- Su desventaja es que se utiliza solamente en el verano.
- Para secar bien los granos es necesario que los acomodemos en una capa de 2 pulgadas de grueso.



Figura 52. Secado de cacao en bandejas.

C) Secadores con techos

Los secadores con techos (Figura 53), se construyen para proteger los granos de la lluvia, por eso, su principal ventaja es que se puede utilizar todo el año, pero tiene la desventaja de que su construcción es muy cara.



Figura 53: Secador de cacao con gaveta corrediza.

- Estos secadores se construyen de madera y el techo es de lámina transparente. En caso de no conseguir este tipo de techo, se puede usar hojas de palma.
- El cajón o gaveta se mueve sobre rodillos para solear el grano o protegerlo de la lluvia. También se puede construir con el techo corredizo.
- La manera de acomodar el grano para el secado, es igual que en las bandejas, sin embargo, durante el invierno, la capa de semilla que se pone a secar debe ser más delgada, (1 pulgada aproximadamente).

D) Carros corredizos, paseras en madera, y paseras en esterilla de bambu.

Pasos para el secado adecuado de cacao sobre carros corredizos, paseras en madera, y paseras en esterilla de Bambú. (Figuras 54, 55 y 56.

- Una vez la masa de grano completa el proceso de fermentación, se extiende sobre las paseras de madera para iniciar el proceso de secado. La capa de cacao que se extiende no debe sobrepasar los 5 centímetros de espesor (una arroba de grano húmedo por metro cuadrado aproximadamente).
- El primero y segundo día, el grano de cacao solamente se expondrá a la radiación solar directa durante un tiempo de tres (3) horas en las primeras horas de la mañana, para permitir que se evapore el agua libre de la superficie del grano.
- En el tercer día puede aumentarse gradualmente el tiempo de exposición solar, permitiendo reducir la humedad interna del grano a un contenido de humedad del 30% aproximadamente. A partir del cuarto día, al grano de cacao se le puede dar exposición continua a la radiación solar hasta finalizar el proceso de secado con un contenido de humedad final entre el 6 y el 7% aproximadamente.
- Durante todo el proceso de secado, la masa de cacao debe removerse periódicamente, con el fin de distribuir el calor para que el secado sea uniforme.
- Para la remoción de la masa de cacao se debe emplear utensilios de madera, y en ningún caso emplear herramientas metálicas que se oxidan y deterioran, y causan daños al grano de cacao.



Figura 54: Secado en carro corredizo.



Figura 55: Secado en pasera de madera



Figura 56: Secado en esterilla de bambú

- En todo caso, el proceso de secado debe ser completo, y la humedad reducirse a un contenido entre el 6 y 7%. El grano de cacao con humedad superior al 8% es susceptible al desarrollo de moho en su interior durante el almacenamiento y transporte posterior.
- Las paseras son construidas con piso en madera, ò esterilla de bambú.
- No se deben usar patios de concreto ni áreas pavimentadas, pues concentran altas temperaturas que pueden demeritar la calidad del grano, y de otra parte, pueden causar contaminación por sustancias nocivas especialmente la superficie asfaltada.
- Independientemente del tipo de estructura utilizada para el proceso de secado, se debe tener cuidado con la exposición del grano

húmedo a altas temperaturas especialmente en la fase inicial del proceso.

Si los productores trabajan sobre fincas de menos de 10 ha, el sistema de secado más ampliamente utilizado es el natural. Para ello se pueden utilizar alguno de los siguientes tipos de secadores:

- 1) Patios de cemento.
- 2) Patios de cemento con techo rodante.
- 3) Patios con techos fijos de plástico o vidrio.
- 4) Gavetas rodantes de madera con techo fijo.
- 5) Secador rústico Catatumbo.
- 6) Secador rústico Caucagua.

El tipo de secador a utilizar depende de los volúmenes de producción, la lejanía de las fincas, la disponibilidad de recursos y lo accesible de los materiales requeridos. En fincas de mediano tamaño, entre 5 y 10 ha, se utilizan algunos de los primeros cuatro tipos de secadores arriba mencionados, mientras que en plantaciones más pequeñas, que constituyen la mayor parte de las explotaciones, a menos que el beneficio se realice en instalaciones comunitarias, lo común es el uso de los secadores rústicos. Estos se construyen con materiales disponibles en las zonas productoras o fácilmente accesibles y permiten al productor un secado efectivo del cacao, Como se aprecia en la figura 57.



Figura 57: Tendal corredizo con mallas – Acopagro / Pucacaca / Picota / San Martín / Perú 2014

Patios de cemento

Consiste en una superficie plana, cementada, variable en tamaño, de acuerdo con el volumen de cacao que se recolecta (Figura 58).

- Los patios de secado deben tener un pequeño desnivel que permita el drenaje de los jugos azucarados y del agua de lluvia.
- Finalizada la fermentación, el cacao se tiende el primer día sobre el patio en una capa con 8 a 10 cm de altura, durante cuatro horas. Luego, se amontona y se cubre.
- El segundo día se extienden en una capa de 5 a 6 cm de altura, durante cinco a seis horas, para luego amontonarlo y cubrirlo.
- Desde el tercer día y hasta el sexto u octavo día, las almendras se extienden durante todo el día, amontonándolo y cubriéndolo al final de la tarde.
- El total de días dependerá de la intensidad de luz solar recibida durante el proceso y del tipo de cacao. Durante el secado deben formarse en los patios pequeños camellones con los granos para que reciban suficiente sol y tengan un secamiento uniforme.

El lugar empleado para el secado no debe usarse para secar otros productos de olores fuertes como carne, pescado o copra ya que el cacao absorbe rápidamente los olores y sabores desagradables.



Figura 58: Secado de cacao utilizando patios de cemento.

Patio de cemento con techo rodante

Este tipo de patio (ver figura 59), se utiliza mucho en la región oriental, debido a lo impredecible de las precipitaciones. Su manejo es muy similar al anterior y tiene las siguientes ventajas:

- a) Al llover, las almendras pueden cubrirse fácilmente, rodando el techo, evitando que se humedezcan.
- b) Se puede guardar el cacao evitando el robo.
- c) Puede servir como depósito para granos procedentes de otras cosechas (maíz, caraotas, frijoles), pero nunca de cosechas de productos que desarrollen olores no compatibles con el cacao.



Figura 59: Secador de cacao: Patio de cemento con techo rodante.

Para calcular la superficie del patio de cemento, en función del volumen de cacao a procesar, se utiliza el Cuadro 7:

Cuadro 7. Cálculo para determinar la superficie de patio para secado

Producción anual Kg. Cacao seco	N° de fanegas	Cosecha max. De un mes/Kg	Cantidad a Secar*/Kgs.	Metro cuadrado de Patio
300	6	75	30	5
500	10	125	63	7
800	16	200	100	11
1.000	20	250	125	14
1.500	30	375	188	21.
2.000	40	500	250	28
3.000	60	750	375	42
4.000	80	1.000	500	55
5.000	100	1.250	625	69
8.000	160	2.000	1.000	110
10.000	200	2.500	1.250	138

Fuente: Saravia, 2011.

Gavetas rodantes de madera con techo fijo.

Se colocan las almendras en las gavetas en capas de 3 a 5 cm, dándole de tres a cuatro volteos diarios. Al caer la tarde, las gavetas se colocan debajo del techo fijo, siendo el proceso de manejo similar al de los patios de cemento. (Ver figura 60).



Figura 60: Gavetas Rodantes: Pequeña y grande (Respectivamente).

Secador rústico catatumbo.

El secador rústico Catatumbo es utilizado en la zona sur del Lago de Maracaibo, en las márgenes de los ríos Catatumbo y Escalante, y consiste en una troja alzada a 135 cm del piso, con una estera de caña amarga encima de 2,7 m por lado, en la cual se coloca el cacao, teniendo cuidado de no colocar más de 17 kg de almendras por cada m², lo cual equivale a 50 kg de cacao en cada estera. El cacao se extiende en una capa delgada de 5 a 8 cm, volteándose periódicamente para que el secado sea uniforme (Odeins, 2010)

El primer día se le dan tres horas de sol, el segundo cuatro y el tercero cinco, y del cuarto en adelante se solea todo el día. Cada tarde, el cacao se recoge y se enrolla con las esteras, colocándole encima una lámina de zinc o de plástico para que quede protegido de la humedad.

Construcción del secador.

La troja se construye con tres hileras de tres horquetas cada una, separadas 135 cm una de otra y a 135 cm de altura y seis varas de 270 cm, que se colocan sobre las horquetas.

Las esteras, con una dimensión de 275 cm, requieren de los siguientes materiales:

- a) Treinta cañas amargas gruesas de 2,75 m de largo.
 - b) Dos varas de madera liviana de igual longitud.
 - c) Un rollo de mecatillo.
- Las cañas y las varas se cortan con una semana de anticipación, para que cuando vayan a utilizarse estén secas y no se deformen al utilizarlas(Odeins, 2010)
 - El corte de las cañas se realiza utilizando el rajador de cañas, implemento muy sencillo y de fácil construcción. Para ello se utiliza una vara de madera dura y resistente, de 10 cm de diámetro y 1,5 m de largo. Cerca de un extremo se le hace un corte, con el objeto de rebajar un anillo de 2 cm de diámetro y 10 cm de ancho.
 - Luego, en la parte delgada se coloca un clavo de 15 cm de largo.
 - El rajador se fija firmemente al suelo en un hueco de 50 cm de profundidad.
 - Las cañas se rajan con este instrumento, tal y como se ilustra en la Figura 61. Luego de hacer un corte transversal en cruz a la caña, se utiliza el rajador, para obtener cuatro cañas.

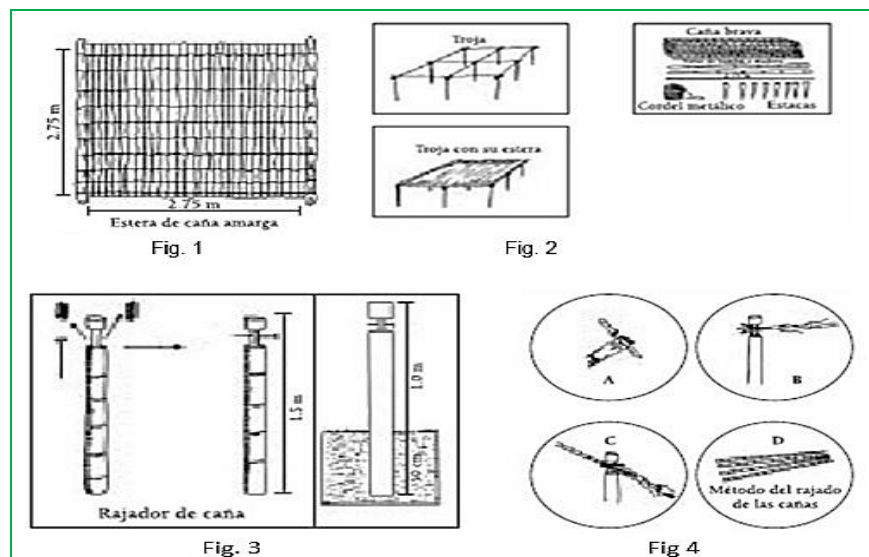
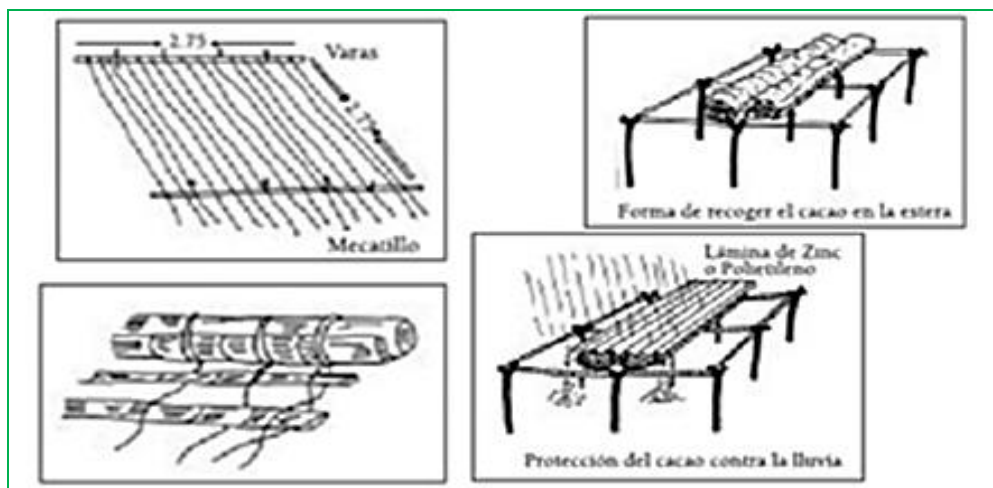


Figura 61: Secuencia de la construcción del secador Catatumbo.

Una vez que las cañas se han secado, una semana después de cortadas, se procede así:

- Se escoge un sitio completamente plano, limpio y no inundable, se colocan las dos varas de madera en el suelo, a una distancia de 2,75 m, colocando estacas en la parte interior de las mismas, para que las varas queden firmes al templar el mecatillo para amarrar las cañas.

- Se procede a colocar hileras de mecatillo entre vara y vara, amarrándolo a una de las varas, como se observa en la figura 62.
- La esfera se teje colocando las cañas horizontalmente entre los mecatillos, asegurándose de que un mecatillo quede por encima y otro por debajo, ajustando a cada paso, para que las cañas queden bien aseguradas y unidas entre sí.
- Una vez que todas las cañas se han tejido en la estera, deben ajustarse y amarrarse en los extremos, para que quede cerrada y pueda manipularse sin peligro de que se desarme (Figura 62).



(a) (b)
Figura 62: Manera de construir el secador Catatumbo.

Secador rústico caucagua.

En la zona de Barlovento (Venezuela), existen cerca de 3.000 pequeñas unidades de explotación, allí suceden continuas lluvias y hay escasez de la mano de obra (Reyes y Vivas, 1970).

Los productores adaptaron una variante del secador rústico Catatumbo, utilizando una armazón de madera rústica, cuya parte superior termina a manera de techo de dos aguas, de 2 m de altura, con una plataforma construida de bambú de 1 m de altura. Las dimensiones de este secador son de 2,5 x 4,0 m y la plataforma de bambú constituye la superficie de secado (Ver figura 63).

Sobre la armazón superior se coloca una cobertura transparente de plástico, que permite el paso de los rayos solares, excepto los ultravioletas, al mismo tiempo que protege las

almendras de las lluvias. Así el productor no requiere mano de obra para recoger el cacao y doblar las esteras en caso de lluvia. El cacao se extiende sobre la estera que cubre la plataforma en una capa delgada, volteándolo periódicamente para que el secado sea uniforme.

El primer día recibirán dos horas de sol y el segundo tres, amontonándolo y cubriéndolo con la estera. A partir del tercer día se asolea todo el día hasta que los granos estén secos.



Fig. 63: Secador Rústico Cauca.

Este secador presenta las ventajas siguientes:

1. Se logra la suficiente pérdida de humedad en los granos durante la época lluviosa, ya que pueden permanecer extendidos en las esteras, aprovechando las pocas horas de luz en los días lluviosos.
2. El manejo del proceso es más fácil y económico, pues no se requiere mano de obra ni vigilancia constante para recoger y cubrir el cacao cuando llueve, ya que está protegido por el techo plástico.
3. Permite el aislamiento del suelo, evitando la presencia de animales o la contaminación con sustancias extrañas. (Capriles de Reyes, 2011).

Secador parabólico

En el esquema de cuarto de fermentación y secado, se muestra el diseño de una estructura de cinco (5) metros de ancho por siete (7) metros de largo, que representa un área de treinta y cinco metros cuadrados, tal como se muestra en la figura 64.

- En la planta baja se tiene el cuarto de fermentación y almacenamiento de cacao. En el segundo piso, se pueden colocar seis (6) paseras de dos metros de largo por un metro de ancho, o colocar cuatro (4) paseras cada una de ellas de tres (3) metros de largo por un (1) metro de ancho,
- Área total de las paseras: doce (12) metros cuadrados. En doce (12) metros cuadrados se pueden extender 150 kilos de cacao recién fermentado para iniciar el proceso de secado (Becerril, F., 1997). El secador parabólico es una estructura de secado que se está empezando a utilizar para el secado de cacao, pero aún no se han investigado ni validado los efectos y beneficios de este sistema de secado, en cuanto a: los efectos de la temperatura sobre el grano, el tiempo total de residencia del grano de cacao dentro de la estructura para el secado adecuado, el efecto de la temperatura sobre el operario, y cuál debe ser el tamaño adecuado de la estructura, especialmente en lo referente a la longitud máxima a utilizar. Debe hacerse investigación sobre el uso de este tipo de estructura de secado, y se deben tener en cuenta las ventajas y desventajas que pueda ofrecer como se muestra (Becerril, F., 1997). el cuadro 08.

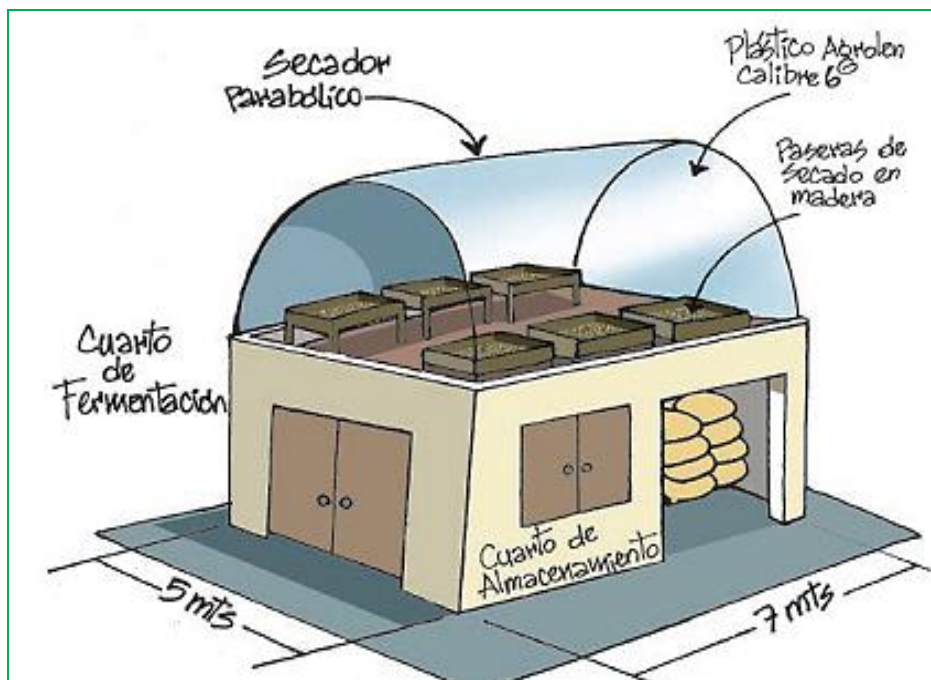


Figura 64: Esquema de cuarto de fermentación y secado.

Cuadro 08: Ventajas y desventajas del secador parabólico.

Ventajas:	Desventajas:
<ul style="list-style-type: none">- Todo el proceso de fermentación y secado se puede hacer en un solo lugar.- El cuarto de fermentación con una puerta con candado ofrece una condición de seguridad.- La cubierta de plástico protege el grano de cacao en caso de lluvia repentina.	<ul style="list-style-type: none">- Aun no se conoce el efecto real de la temperatura sobre el grano de cacao, que permita establecer el tiempo total de residencia del grano en las paseras de secado.- Se produce un rápido incremento de la temperatura que se concentra en el interior del secador.- El interior del secador se satura de vapor de agua caliente, producto de la evaporación del agua superficial del grano.- No hay una recirculación normal del aire al interior del secador.- La salud del operario puede verse afectada por los choques térmicos que experimenta cada vez que entra y sale del secador parabólico, para realizar la labor de remoción del grano.

3.5.2.2. Secado artificial

En el cuadro 09, se muestra las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas del secado artificial y las estrategias para contrarrestar las debilidades y amenazas y maximizar fortalezas y oportunidades.

Cuadro 09 : Análisis FODA del secado artificial.

<p style="text-align: center;">FACTORES INTERNOS</p> <p style="text-align: center;">FACTORES EXTERNOS</p>	<p style="text-align: center;">FORTALEZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Secado más rápido. - Mayor productividad en el Secado. - Las elevadas temperaturas actúan como protección contra insectos y desarrollo de moho. 	<p style="text-align: center;">DEBILIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - El secado puede ser no uniforme. - Proceso continuo el cual no debe detenerse. - Capacidad económica de la cooperativa.
<p style="text-align: center;">OPORTUNIDADES</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mayor apoyo a los productores de cacao. - Crecimiento de la demanda de la zona. - Mayor ingresos - Generación de fuentes de Empleo 	<p style="text-align: center;">Estrategia para maximizar las fortalezas y oportunidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mejorar la organización administrativa de la cooperativa. - Promover alianzas con organizaciones públicas y privadas para apoyar a los productores y centros de acopio. - Impulsar la producción de cacao en la zona mediante incentivos e imagen comercial. 	<p style="text-align: center;">Estrategia para minimizar las debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Desarrollar otro centro de acopio adicional que sea de fácil acceso para los productores lejanos al centro de acopio actual. - Trabajar en equipo con los productores para ganar experiencia y poder ser más competitivos. - Capacitar al personal para el uso del secador artificial.
<p style="text-align: center;">AMENAZAS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aumento del precio del combustible. - Incertidumbre e inestabilidad económica del país. 	<p style="text-align: center;">Estrategia para minimizar las amenazas</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relación comercial con empresas que le provean el combustible. 	<p style="text-align: center;">Estrategia para minimizar tanto las amenazas como debilidades</p> <ul style="list-style-type: none"> - Contar con instrumentos de medición para comprobar la calidad el grano, por ejemplo el medidor de humedad. - Fomentar relaciones comerciales con otros clientes locales y

Fuente: Capriles de Reyes, (2011).

Secador artificial en base a leña.

Es un secador mecánico con un sistema de horno de combustión con leña, con fuego indirecto, inyección de aire por medio de ventilador centrífugo para succionar el aire caliente del horno y empujarlo dentro de la cama de secado estática, como se muestra en la figura 65.



Figura 65: Secador artificial de cacao en base a leña.

En la figura 65, se muestra un secador de cacao en base a leña tipo Samoa con paredes construidas de lámina de hierro con perfiles angulares montado sobre una estructura tubular redonda galvanizada.

Las especificaciones técnicas de este secador son:

- Las dimensiones del secador son: 3.50 m de ancho, 8.50 m de largo y altura de la chimenea 8.50 m.
- Las dimensiones de la bandeja de secado son 2.44 m de ancho, 6.10 m de largo y la capa de llenado 0.25 m, lo que resulta un área total de secado de 14.88 m² y considerando que el tiempo de secado artificial con leña por tanda es de 24 horas, con esta área y tiempo de secado se puede secar 5 tandas por semana.
- Con una capa de 20 cm de alto, se pueden secar 2301 kg de cacao húmedo fermentado por tanda, como se muestra en el cuadro 10 (Becerril, F, 1997).

Cuadro 10: Capacidad de bandeja de secado en kg por tanda

Dimensiones de capa de secado (m)	Volumen (m ³)	Densidad del cacao húmedo fermentado (kg/m ³)	Cantidad de cacao húmedo fermentado (kg)
2.44 x 6.10 x 0.20	2.97	775	2301

Fuente: Elaborado por el autor

En el cuadro 10, se calcula la cantidad de cacao húmedo fermentado por tanda que se puede secar con una capa de 20 cm de alto, tomando en consideración la densidad del cacao húmedo fermentado. Por lo tanto, al multiplicar los 2301 kg por cinco tandas a la semana, la capacidad de secado es 11505 kg, equivalente a 11.50 TM semanal o 276TM anual.

- Hogar de combustión construido con lámina de hierro de un 1/4" de espesor, revestido con ladrillo, con diámetro de 0.80 m.
- La cama de secado es fabricada con lámina perforada de 1/16" de espesor y agujeros de 1/4". Cinco marcos independientes de 1.22 x 2.44 m, montados sobre una estructura tubular redonda galvanizada, cuatro compuertas de descarga para llenado de sacos con producto seco.
- Una chimenea de alto volumen en dos etapas con 2.50 m, con diámetro de 20" y 6 m con un diámetro de 16" con una altura total de 8.50 m.
- La temperatura de secado que debe manejarse es de 60 a 70 °C.
- Ventilador centrífugo con motor trifásico de 5 H.P., propela aerodinámica tipo airfoil de 18", para un flujo de 12000 m³ /hr.
- Calidad A 80% y calidad 20%.

Las ventajas de este tipo de secador son:

- Menor tiempo de secado.
- Un mayor aprovechamiento del calor puede hacer más eficiente el secado.
- El costo del combustible (leña) es accesible.
- El humo se escapa a través de la chimenea, el aire caliente no contamina el grano.
- Consta de una termocupla para controlar la temperatura de operación.

Las desventajas de este tipo de secador son:

- Manejo y cuidado del equipo para lograr una combustión eficiente.
- Dependencia de recurso humano para suministrar adecuadamente la leña.

- Consumo de energía eléctrica, lo que aumenta costos operativos.
- El costo de inversión es mayor para adquirir el activo(Navarro, Melba ,2006)



Figura 66-A: Secador artificial de cacao en base a leña.

En la figura 66-A y B, se observa el secador artificial en base a leña, el cual es utilizado cuando el clima no es el adecuado para secar el cacao de manera natural.

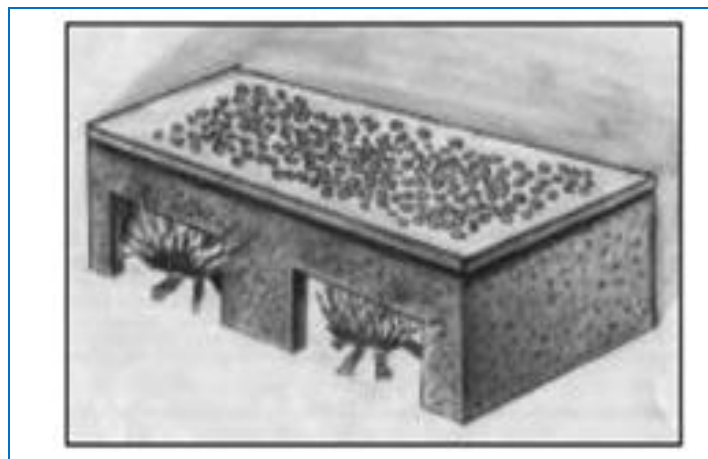


Figura 66-B: Secador de leña o con carbón.

Estos secadores pueden construirse de concreto, ladrillos o bloques y se les conoce como secador tipo Samoa, hornos o estufas.

Secador artificial en base a gas licuado.

Este tipo de secador, a diferencia del secador artificial en base a leña, utiliza como fuente de calor el gas licuado, consta de un quemador, un horno de combustión, una chimenea para extraer el humo, inyección de aire por medio de ventilador centrífugo para succionar el aire caliente del horno y empujarlo dentro de la cama de secado estática.

Las especificaciones técnicas de este secador son:

- Las dimensiones de la bandeja de secado son: 2.44 m de ancho, 6.10 m de largo y la capa de llenado 0.25 m, lo que resulta un área total de secado de 14.88 m² y considerando que el tiempo de secado artificial con gas licuado por tanda es de 20 horas, con esta área y tiempo de secado se puede secar 6 tandas por semana.
- Con una capa de 20 cm de alto, se pueden secar 2301 kg de cacao húmedo fermentado por tanda, como se muestra en la cuadro 11.

Cuadro 11: Capacidad de bandeja de secado en kg por tanda.

Dimensiones de capa de secado (m)	Volume (m ³)	Densidad del cacao	Cantidad de cacao húmedo
2.44 x 6.10 x 0.20	2.97	7	2301
		7	
		5	

En el cuadro 11, se calcula la cantidad de cacao húmedo fermentado por tanda que se puede secar con una capa de 20 cm de alto, tomando en consideración la densidad del cacao húmedo fermentado. Por lo tanto, al multiplicar los 2301 kg por seis tandas a la semana, la capacidad de secado es 13806 kg, equivalente a 13.80 TM semanal o 331TM anual.

- Hogar de combustión construido con lámina de hierro de un 1/4" de espesor, revestido con ladrillo, con diámetro de 0.80 m.
- La cama de secado es fabricada con lámina perforada de 1/16" de espesor y agujeros de 1/4". Cinco marcos independientes de 1.22 x 2.44 m, montados sobre una estructura tubular redonda galvanizada, cuatro compuertas de descarga para llenado de sacos con *producto seco*.
- Una chimenea de alto volumen en dos etapas con 2.50 m, con diámetro de 20" y 6 m con un diámetro de 16" con una altura total de 8.50 m.
- La temperatura de secado que debe manejarse es de 60 a 70 °C.
- Ventilador centrífugo con motor trifásico de 5 H.P., propela aerodinámica tipo airfoil de 18", para un flujo de 12000 m³ /hr.
- Quemador de gas licuado Wayne HSG/200 con capacidad calorífica de 200,000 Btu/hr, con medidor de temperatura para controlar el accionamiento. El consumo de gas de este quemador es de 2.19 galones por hora, tomando en consideración que el poder calorífico del gas es 21,500 Btu.
- Tanque de almacenamiento de gas licuado de capacidad de 75 galones con manguera de acople y válvula.
- Calidad A 90% y calidad 10%.

Las ventajas de este tipo de secador son:

- Menor tiempo de secado.
- Mejor eficiencia en la combustión.
- Se obtiene una temperatura constante.
- Poca utilización de recurso humano.

Las desventajas de este tipo de secador son:

- Accesibilidad a suministro de gas.

- Incremento del precio del combustible.
- El costo de inversión es alto (Saravia, Luis., 2011)

En la figura 67 se muestra un plano de secador artificial a base de gas licuado.

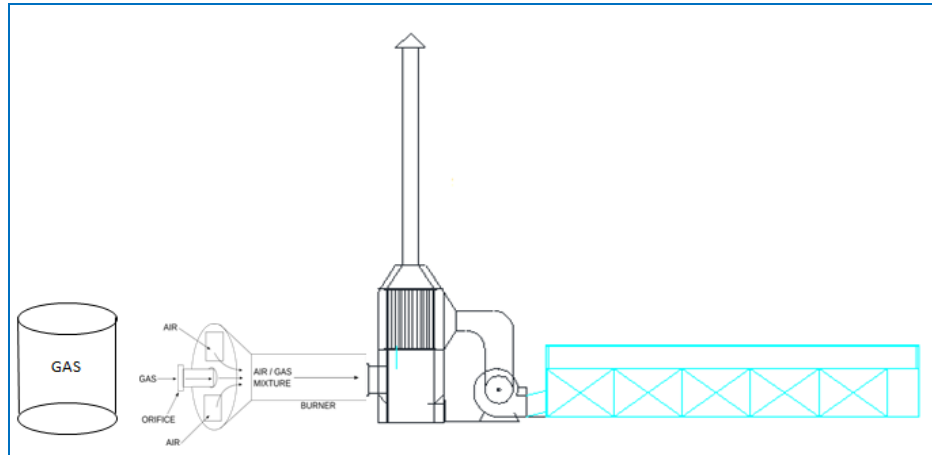


Figura 67: Secador artificial en base a gas licuado.

En la figura 68 (A y B) se observa también un secador artificial en base a gas licuado, siendo sus características de infraestructura similares al de un secador artificial en base a leña, su única diferencia es el quemador donde se genera la combustión con gas licuado.

Secador industrial estático con intercambiador de calor



A



B

Figura 68: Secadores artificiales con gas licuado

Las Secadoras SIRCA con intercambiador de calor.

- Construidas con el INTERCAMBIADOR DE CALOR, de manera que los gases del combustible que se queman en la cámara de fuego, no se mezclan con el aire producido por el ventilador. El aire producido por el ventilador, avanza por el intercambiador de calor, recoge el calor, elevándose así su temperatura y, disminuyendo su porcentaje de humedad para que el secado del producto sea más eficiente en cantidad y calidad.

El intercambiador de calor de las SECADORAS SIRCA permite que, el consumo de energía eléctrica, como el consumo de combustible sea mínimo, comparado con otras secadoras, reduce considerablemente los costos de operación.

- El porcentaje de humedad del producto que se puede reducir, gracias al intercambiador de calor, es del orden de 2,5 % al 3% por hora.
- Productos que se pueden secar: Cacao, Café, Maíz, Soya, Arroz, hortalizas, pescado,
- Su capacidad varía según las condiciones de humedad y según el producto que se esté secando.
- Actualmente tenemos secadoras con una capacidad que va desde 1 tonelada hasta 15 toneladas dependiendo del producto.

Secador estático.

El secador estático (figura 69), consta de:

- Un cajón de secado, dividido en medio de forma horizontal por una plancha de malla metálica, donde reposa el cacao para el secado.
- Una turbina encargado de impulsar el aire caliente al cajón de secado.
- La fuente de energía es gas (GLP).

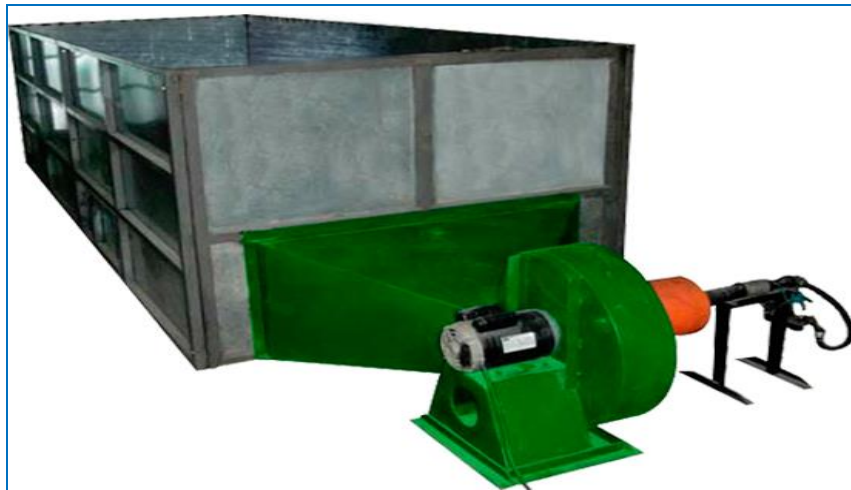


Figura 69: Secador estático

- El secador estático tiene como fuente de energía el gas (GLP), que realiza combustión con la ayuda de una turbina, la cual transporta el flujo de aire caliente debajo de la malla metálica, y por densidad el vapor caliente sube y esta seca los granos de cacao.

3.5.5.3. Secadores solares inclinados

En este tipo de secador (figura 70) el colector y la cámara de secado pueden juntarse, en cuyo caso la cámara que contiene el producto también cumple la función de colector recibiendo la radiación solar. En los secadores solares directos la radiación solar es absorbida por el propio producto, resultando más efectivo el aprovechamiento de la energía para producir la evaporación del agua. Esto se debe a que la presión de vapor en la superficie del producto crece por la absorción de radiación solar. Por lo tanto el gradiente de presiones de vapor entre producto y aire se hace mayor y se acelera el secado. La combinación de

colector y cámara en una sola unidad puede ser más económica en muchos casos, especialmente en los secadores de menor tamaño (Tinoco, Héctor., 2010)

Las características generales de operación de los secadores directos son:

- ✓ El agente de secado puede ser aire calentado por vapor, gases de combustión, gas inerte calentado (nitrógeno por ejemplo), o vapor de agua sobrecalentado.
- ✓ El secado se efectúa por transferencia de calor por convección entre los gases calientes y el sólido mojado, en donde el flujo de gases extrae el líquido vaporizado y separa el vapor.
- ✓ Un secador directo consume más combustible por kilogramo de agua evaporada, mientras más bajo sea el contenido de humedad.
- ✓ La eficiencia mejora al aumentarse la temperatura del gas de entrada a una temperatura de salida constante.

A continuación, en la figura se muestra un secador solar directo.



Figura 70: Secador solar directo.

3.6. Paneles solares aplicados al secado de granos

3.6.1. Descripción

El colector solar (figura 71), es un dispositivo que tiene por misión captar la energía procedente de la radiación solar y transferirla al fluido que pretende

calentarse, es por tanto un tipo especial de intercambiador de calor que transforma la radiación solar en calor. El flujo de irradiación que le llega es del orden de 1100 W/m^2 como máximo y es variable. El rango de longitudes de onda se encuentra entre 0.3 y $3 \mu\text{m}$, que es considerablemente menor que las longitudes de onda emitidas por las superficies que absorben esta radiación.

Los colectores solares planos se pueden diseñar para calentar fluidos hasta temperaturas moderadas, alrededor de 100°C como máximo sobre la temperatura ambiente. Estos dispositivos usan tanto la componente directa como la difusa de la radiación solar, no requieren un seguimiento del sol y necesitan poco mantenimiento. Los colectores solares planos se clasifican dependiendo del fluido de trabajo que emplean en colectores solares de líquido y colectores solares de aire. Los colectores solares de líquido se emplean más para Agua Caliente Sanitaria y calefacción, mientras que los de aire se emplean más para el secado de productos.

(Restrepo y Burbano, 2005).



Figura 71: Panel solar

Como se mencionó, la principal aplicación de los colectores solares de aire es para el secado de productos. Ya que para el secado de productos agrícolas se necesita una cantidad de energía muy precisa, y que la energía suministrada por los captadores depende de las condiciones climáticas, la instalación solar se combinará con la instalación de energía convencional.

Como la máxima temperatura de salida de aire de los colectores es menor que la requerida para el secado y el secado se realiza durante el día, no necesitaremos un sistema auxiliar de almacenamiento, por lo que toda la energía generada por los colectores será energía útil para el proceso. El aire de salida de los colectores irá por medio de unas tuberías al quemador, donde dependiendo de las condiciones de humedad y temperatura establecerá la cantidad de gasoil a utilizar para obtener las condiciones idóneas para el secado. En este tipo de sistemas la energía suministrada por los colectores suele ser pequeña en relación a la necesaria para el secado.

3.6.2. Ventajas y desventajas de los paneles solares

Cualquier tecnología siempre tendrá sus beneficios y problemas inherentes, incluso la tecnología limpia o verde como los paneles solares.

3.6.2.1. Ventajas de los paneles solares

- a) Los paneles solares no cuestan mucho dinero. Con la excepción de cuando se compran y se instalan, si es que se ocupa los servicios de un contratista lo cual se pagara durante la vida de los paneles solares ya que la electricidad que se obtiene del sol es totalmente gratuita (si los paneles no son lo suficientemente grandes, comoquiera se obtendrá una reducción en el recibo de energía que recibes mes con mes).
- b) Cualquier gasto que se haga en la compra o colocación de los paneles solares puede ser fácilmente recuperada. Si tu sistema de energía solar es muy eficiente y genera un exceso de voltaje, puedes vender esto a las empresas de energía y generar ingresos extras.
- c) Debido a que se obtiene la energía directamente del sol y por ser esta una fuente de energía, los paneles solares no necesitan consumir y quemar combustibles como el carbón y el petróleo, por lo tanto, su costo no es impactado por el rápido aumento de los precios de los combustibles en el mercado internacional.

- d) Es favorable para el medio ambiente ya que no necesita quemar combustibles fósiles o utilizar materiales nucleares para generar electricidad, esto evita la posible contaminación de nuestro aire, agua y atmósfera con contaminantes peligrosos y gases de efecto invernadero. La contaminación que generan los paneles solares es mínima y esta se da durante su proceso de fabricación.
- El mantenimiento de los paneles solares se da muy ocasionalmente y realmente es muy sencillo, esto significa que sólo tendrás que limpiar los paneles con agua y jabón de vez en cuando.

3.6.2.2. Desventajas de los paneles solares

- a) El costo inicial de la compra de paneles solares comerciales y su instalación pueden ser elevados y se requiere de un rápido desembolso de dinero. Afortunadamente, esto sólo ocurre una vez y algunos gobiernos ofrecen subsidios e incentivos para reducir el importe del pago inicial, lo cual te ayudara a invertir más dinero en tus paneles solares.
- b) Los paneles solares no funcionan por la noche porque no hay luz solar. Para compensar esto, se requiere instalar pilas de almacenamiento y sistemas de carga en la red de energía solar(Tinoco, Héctor., 2010)
- c) El mal tiempo y la contaminación del aire o la suciedad acumulada puede tapar el sol y afectar la eficiencia de los paneles solares. Aunque el primero no se puede evitar, este último puede ser remediado por una limpieza y mantenimientos adecuados. El sistema de paneles solares también debe de abarcar una amplia zona para obtener más horas de sol y lograr una mayor eficiencia (MINAGRI, 2003).

3.7. Importancia del secado solar para la obtención de granos de cacao de calidad

3.7.1. Proceso de Secado al Sol

El proceso de secado se produce por la acción de aire cálido y seco, que pasa por los productos a secar, ubicados generalmente en bandejas en el interior del secadero. De esta forma la humedad contenido en los alimentos se evapora a la superficie de los mismos y pasa en forma de vapor al aire que los rodea.

El tiempo de secado depende de varios factores. Los más importantes son:

- Tamaño de las semillas.
- Temperatura del aire.
- Humedad relativa del aire.
- Velocidad del aire.

Este secado es el más recomendado. El sol nos da un calor adecuado para un buen secado, se puede hacer con las bandejas puestas al sol o construir secadores con techos.

3.7.2. Pasos para el secado adecuado de cacao.

- a) Una vez la masa de grano completa el proceso de fermentación, se extiende sobre las paseras de madera para iniciar el proceso de secado. La capa de cacao que se extiende no debe sobrepasar los 5 centímetros de espesor (una arroba de grano húmedo por metro cuadrado aproximadamente).
- b) El primero y segundo día, el grano de cacao solamente se expondrá a la radiación solar directa durante un tiempo de tres (3) horas en las primeras horas de la mañana, para permitir que se evapore el agua libre de la superficie del grano.
- c) En el tercer día puede aumentarse gradualmente el tiempo de exposición solar, permitiendo reducir la humedad interna del grano a un contenido de humedad del 30% aproximadamente.
- d) A partir del cuarto día, al grano de cacao se le puede dar exposición continua a la radiación solar hasta finalizar el proceso de secado con un contenido de humedad final entre el 6 y el 7% aproximadamente.

- e) Durante todo el proceso de secado, la masa de cacao debe removerse periódicamente, con el fin de distribuir el calor para que el secado sea uniforme.
- f) Para la remoción de la masa de cacao se debe emplear utensilios de madera, y en ningún caso emplear herramientas metálicas que se oxidan y deterioran, y causan daños al grano de cacao.

A estas áreas de secado debe impedirse la entrada de animales domésticos para evitar cualquier tipo de contaminación. Dependiendo de las condiciones climáticas, para el secado de los granos de cacao, son necesarios entre 4 y 6 días, pero períodos más largos puede ocasionar la aparición de micotoxinas y el desarrollo de moho al interior del grano, dando resultados adversos en el sabor y olor a viejo ó moho. En todo caso, el proceso de secado debe ser completo, y la humedad reducirse a un contenido entre el 6 y 7%. El grano de cacao con humedad superior al 8 % es susceptible al desarrollo de moho en su interior durante el almacenamiento y transporte posterior.

Independientemente del tipo de estructura utilizada para el proceso de secado, se debe tener cuidado con la exposición del grano húmedo a altas temperaturas especialmente en la fase inicial del proceso (Tinoco, 2010).

3.7.3. Ventajas del secado solar

Las principales ventajas del secado solar con respecto a la mejora de la calidad comercial de granos de cacao radican en lo siguiente:

- Mejora de la calidad química y organoléptica del producto terminado: Es la mejor forma para alcanzar alta calidad en los granos.
- Al ser lento el proceso se siguen formando las reacciones que generan sabores, esto significa una considerable disminución de sabores amargos y ácidos, debido a la mayor oxidación de poli fenoles.
- Se evapora el ácido acético volátil a través de la cáscara.
- Durante un secado lento, los ácidos no volátiles ácido láctico es parcialmente transportado por el agua hacia la cáscara.
- Continúa la formación de sabores.

- Amigable con el medio ambiente: Pues constituye una tecnología limpia.
- No utiliza combustible ya que su principal elemento es el clima.
- No es cara.
- No requiere de estructuras especializadas ni muy costosas.
- En comparación con el secado usando combustible (GLP), no hay peligro de contaminación por humo, que incide directamente en la tasa del producto y por ende su costo en el mercado (Tinoco, 2010).

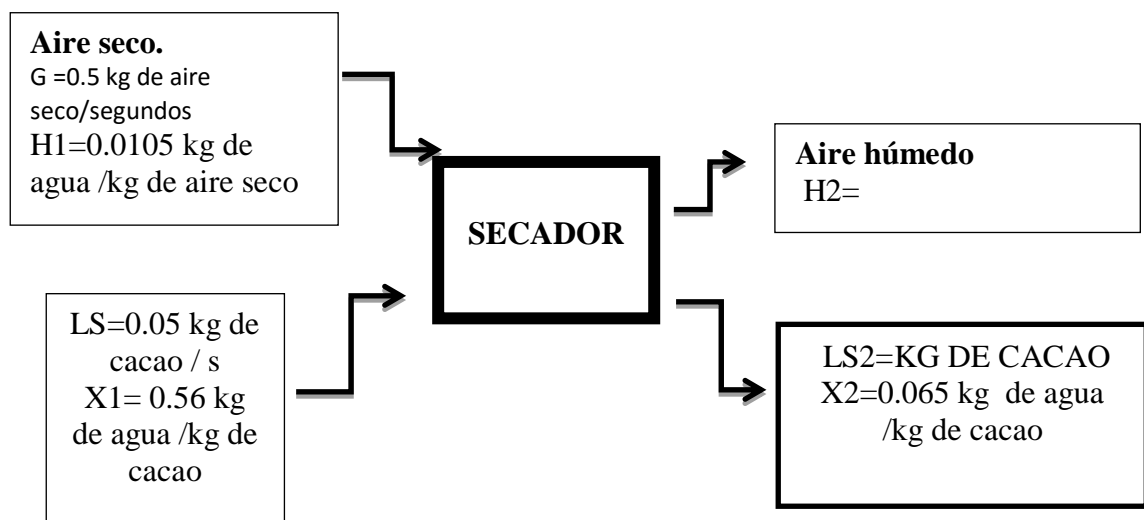
Balance de masa del proceso de secado de cacao

Terminado el proceso de fermentación del grano de cacao, es necesario someterlo al proceso de secado, el cual consiste en reducir la humedad con que sale el grano de cacao una vez finalizada la etapa de fermentación (55% aproximadamente) hasta un contenido de humedad final máxima del 7% que es la aceptada durante la fase de comercialización del grano de cacao seco, la cual permite conservar la calidad del grano durante el almacenamiento y sin riesgo de deterioro por aparición de hongos.

Métodos utilizados en secado

El secado de cacao se puede realizar mediante el uso de los siguientes métodos:

- Secado artificial mediante la utilización de medios mecánicos como los silos, en donde se adecuan las condiciones de humedad relativa y temperatura del aire desecante (en aplicaciones agroindustriales se utiliza un tipo de secador en particular, denominado secador rotatorio), $\text{área} = 0,1963\text{m}^2$ y un $t \text{ paso} = 6229$ kilos



❖ **Cantidad de Aire Seco /Hora**

0.5 kg de aire seco/segundos * 3600 segundos / 1h = 1800 kg de aire seco/ 1h

❖ **Flujo del Solido de Ingreso**

0.05 kg/ s * (3600s/1h) = 180 kg de cacao/ h

❖ **Flujo del Gas de Salida**

G= 0.025kg / s * (3600) = 90 kg de gas/ h

➤ **Un balance de materia con respecto a la humedad para un secador rotatorio:**

• **Masa de agua evaporada:**

Masa de agua evaporada=180 kg de cacao/ h **(0.56-0.065)**

Masa de agua evaporada= 89.1 kg de agua /h

• **Humedad del aire de salida**

H2 = H1 + masa de agua evaporada / G1

H2= 0.0105 kg de agua /kg de aire seco + (89.1 kg de agua /h/ 90 kg de gas/ h)

H2=0.990 kg de agua /kg de aire seco

❖ **Flujo del sólido de salida (humedades en base seca).**

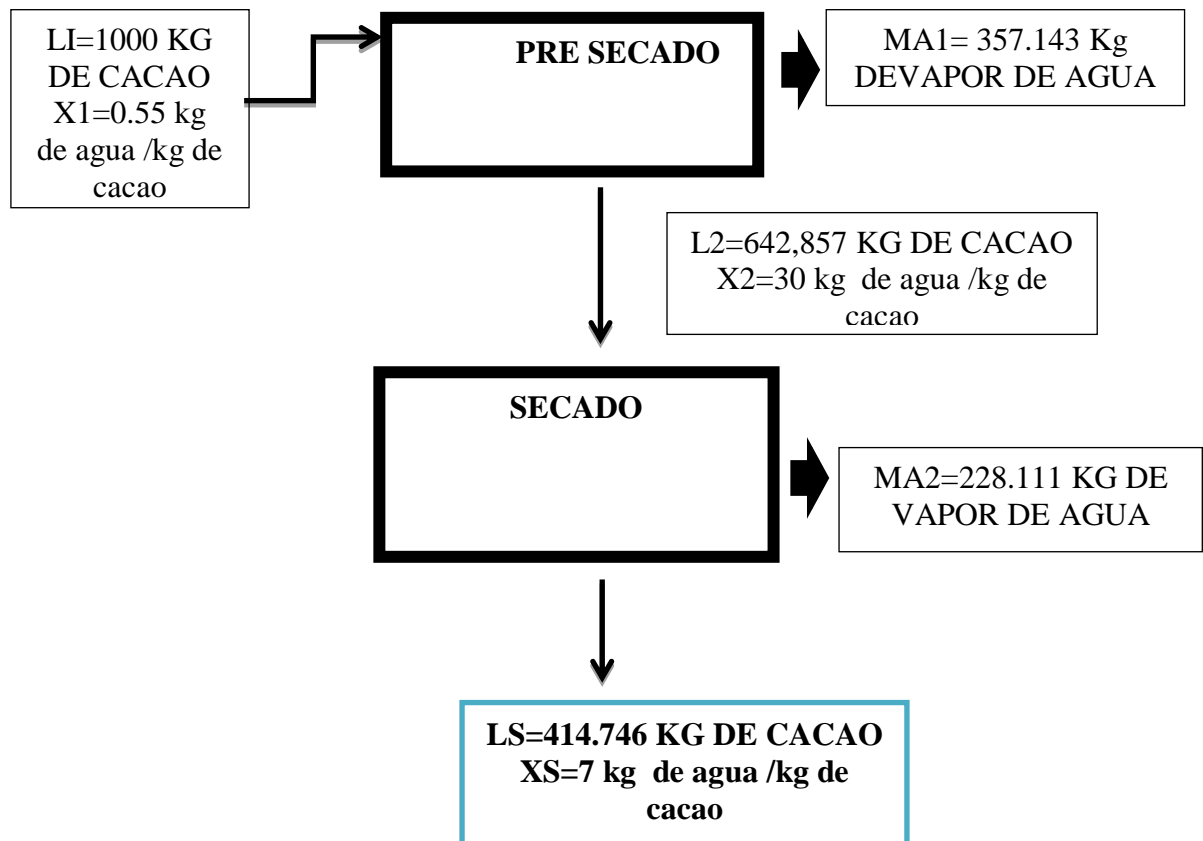
LS (x1)=LS2(X2)

180 kg de cacao/ h *(**0.44** kg de sólido /kg de cacao)= **LS2*** (**0.935** kg de sólido /kg de cacao)

LS =79.2 kg de sólido/ h/**0.935** kg de sólido /kg de cacao

LS =84,7 180 kg de cacao/ h

- Mediante el aprovechamiento de la radiación solar que es la fuente de calor más barata y segura para el cacao oculto, para la cual se utilizan estructuras como camillas de madera, casa techada con plástico, patios de cemento, entre otros.



Balance de Masa Solidos

Pre secado

$$LI(X1)=LS(X2)$$

1000Kg de cacao (0.45 kg de sólido /kg de cacao)= X (0.7 kg de sólido /kg de cacao)

450 kg de sólido (kg de cacao/0.7 kg de sólido)= X

$$X = 642,857 \text{ KG DE CACAO}$$

Secado

$$L2(X2)=LS(XS)$$

642,857Kg de cacao (0.6 kg de sólido /kg de cacao)= X (0.93 kg de sólido /kg de cacao)

642,857 kg de sólido (kg de cacao/0.93 kg de sólido)= X

$$X = 414.746 \text{ KG de cacao}$$

CAPITULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIONES

4.1. ANÁLISIS

El cacao es una fruta de origen tropical y es el componente básico del chocolate, concretamente mediante la extracción de estas semillas de cacao se obtiene dos productos derivados: la pasta de cacao, que es una materia sólida y la manteca de cacao, materia grasa.

Las principales zonas productoras de cacao en el Perú son: El Valle de La Convención, en el Departamento del Cusco; el Valle del Río Apurímac - Ene (VRAE), en los Departamentos de Ayacucho, Cusco y Junín; el Valle del Huallaga, en los Departamentos de Huánuco y San Martín; el Valle de Tambo, en el Departamento de Junín; y, el Valle del Marañón, en los Departamentos de Cajamarca y Amazonas. Durante los últimos años, San Martín y Cusco reportaron el 60% del volumen de Producción Nacional (Toneladas). No obstante, los rendimientos más altos en T/Ha lo presentan las Regiones de San Martín y Ucayali.

Como los granos de cacao tienen su máximo contenido de materia seca al llegar a la maduración, es conveniente cosecharlos en ese momento para así obtener el máximo rendimiento de tal producción y secarlos inmediatamente hasta que el contenido de humedad de los granos para un almacenamiento seguro esté comprendido en un rango de 6 a 7 por ciento, con los siguientes objetivos: obtención de un mayor porcentaje de materia seca, menores pérdidas debidas al ataque de depredadores, mayor porcentaje de vigor y germinación, menor contaminación e infestación de los productos en el campo (buena calidad para el almacenamiento) y otros más.

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena de producción de alimentos, ya que el grano húmedo corre el riesgo de deteriorarse durante el almacenamiento. Además el secado inhibe la germinación de las semillas, y evita las reacciones de deterioración. Pero también en el secado se continúa la fase oxidativa iniciada en la

fermentación y se completa la formación de los compuestos del aroma y sabor. Además, en esta etapa ocurre el desarrollo de los pigmentos de color marrón a partir de los compuestos fenólicos (Cros y Jeanjean, 1995; Jinap et al., 1994).

El secado consiste en disminuir el contenido de humedad de las almendras (granos) fermentadas del 56% aproximadamente (al salir de la fermentación) hasta el nivel del 6.5%. No debe reducirse más la humedad porque cuando baja del 6% las almendras se vuelven quebradizas y sufren daños durante el transporte, pero si no se secan adecuadamente ($> 7\%$) son muy propensas a contaminarse de mohos (hongos), lo cual constituye uno de los peores defectos de la calidad de cacao seco; ya que según los estándares internacionales se requiere que el cacao de calidad comercial tenga una buena fermentación, completamente seco (6.5% humedad), libre de granos con olor a humo, de olores anormales y de cualquier evidencia de adulteración, debe encontrarse razonablemente libre de insectos vivos, de granos partidos, fragmentos y partes de cascara y uniforme en tamaño.

La rapidez del secado variará según el método que se emplee. El secado solar natural en patios secadores, es la forma más antigua y difundida del empleo de la energía solar, es decir, al aire libre dura de 5 a 7 días; este tiempo dependerá de las condiciones atmosféricas del día, comprobándose que se ha completado el secado del cacao cuando a la presión de los dedos índice y pulgar, se rompan los granos fácilmente. También podrá secarse el cacao en secadores calentados artificialmente, en cuyo caso deberá prepararse para que el grano no adquiera el olor a humo.

El secado solar de productos agrícolas es una de las aplicaciones potenciales más importantes de la energía solar, ya que para ello se requiere calor a bajos niveles de temperatura, donde la eficiencia de los colectores es mayor, y además, no es indispensable la acumulación de energía. El secado solar natural en patios secadores es la forma más antigua y difundida del empleo de la energía solar para el secado de productos agropecuarios.

Por otra parte, se conoce que la productividad de un secador solar es inferior a la de un secador que utilice energía convencional, por lo tanto, para ser competitivo con este

último, los costos iniciales y de operación deben ser menores, manteniendo una calidad en el producto comparable a la de un secador térmico convencional.

Existen dos métodos de secado, el natural y artificial, con distintos tipos de secadores, como el secador natural y el secador artificial. En la región de San Martín el secado natural, es esencial para completar el proceso de beneficiado del grano de cacao, cuyo contenido final de humedad del grano debe ser de un 6.5 % máximo, obteniéndose mejores resultados con el secado bajo el sol, pero cuando el clima no lo permite, el uso de secadores artificiales se toma como alternativa para continuar con el proceso de secado, los cuales pueden dar resultados satisfactorios siempre que se observen ciertos detalles importantes de su fabricación.

El secado de los granos de cacao puede realizarse en condiciones fácilmente alcanzables mediante el secado solar. La energía solar se presenta como alternativa de gran interés por sus cualidades y características de ser limpia, de gran potencial, altamente disponible en la región San Martín y sobre todo en las zonas productoras, donde se tiene sol casi todo el año. Se justifica también el uso de la energía solar por la escasez y gran poder contaminante de las fuentes de energía fósiles normalmente utilizadas.

En los granos de cacao secados solarmente aún se continúa la fermentación ya que el secado se produce lentamente lo que ocasiona mayor producción de sabores. Debido a esto todas estas atribuciones dotan a los granos de cacao sometidos a este proceso de condiciones de calidad superiores a los convencionales y por ende tener mayor valor agregado (mejor precio).

4.2. DISCUSIONES

Los secadores artificiales, que se muestran en el marco teórico funcionan con una fuente externa de energía (electricidad y combustibles fósiles), tienen un alto costo económico, además presenta una estructura más compleja, mientras el método de secado natural funciona con energía solar, su estructura es sencilla y puede ser construida con materiales de menor costo, disponibles localmente, menos contaminante.

Por otro lado el comportamiento y los cambios que según la información recopilada de secadores solares en granos de cacao, advierten significativamente ventajas considerables no solo físicas sino químicas, que no se conseguirían si se aplicaran procesos distintos de secado. Pues debe quedar claro que la energía solar es una energía limpia y amigable con el medio ambiente capaz de ser utilizada con altos rendimientos si se usa en forma adecuada. Sin embargo los costos de inicio para el secado mediante el uso de paneles solares son poco elevados, pero justifica su uso por tener horas de sol permanente casi todos los días del año en la Región de San Martín.

Se debe recalcar que el secado solar es la mejor forma para alcanzar alta calidad. Se le atribuye la significativa disminución de sabores amargos y ácidos: Se evapora el ácido acético (volátil) a través de la cáscara. Además, durante un secado lento, el ácido no volátil (ácido láctico) es parcialmente transportado por el agua hacia la cáscara. Se produce una fuerte oxidación (color café de los polifenoles), lo que ocasiona menor astringencia y amargor.

El sol nos da un calor adecuado para un buen secado, se puede hacer con las bandejas puestas al sol o construir secadores con techos. El tiempo de secado depende de varios factores. Los más importantes son: Tamaño de las semillas, temperatura del aire, humedad relativa del aire y velocidad del aire.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

De acuerdo a lo expresado en párrafos anteriores se llegó a las siguientes conclusiones:

- a) La energía solar se presenta como alternativa de gran interés por sus cualidades y características de ser limpia, de gran potencial, altamente disponible en la Región de San Martín, teniendo un nivel de radiación de aproximadamente de 8 horas diarias.
- b) Las principales ventajas del secado solar con respecto a la calidad comercial de granos de cacao radican en la mejora de la calidad química y organoléptica del producto terminado; ya que al ser lento el proceso se siguen formando las reacciones que generan sabores fenólicos, disminuyendo considerablemente los sabores amargos y ácidos, debido a la mayor oxidación de poli fenoles. También es amigable con el medio ambiente: Pues constituye una tecnología limpia. No es cara y no utiliza combustible ya que su principal elemento es el clima. No requiere de estructuras especializadas ni muy costosas. En comparación con el secado usando combustible (GLP), no hay peligro de contaminación por humo, que incide directamente en la tasa del producto y por ende su costo en el mercado.
- c) El uso del secado solar es la mejor forma para alcanzar alta calidad en los granos de cacao.
- d) El secado es esencial para completar el proceso de beneficiado del grano de cacao, el contenido final de humedad del grano debe ser de un 6.5 % máximo, obteniéndose mejores resultados con el secado bajo el sol, pero cuando el clima no lo permite, el uso de secadores artificiales se toma como alternativa para continuar con el proceso de secado. Existen dos métodos de

secado, el natural y artificial, con distintos tipos de secadores, como el secador natural y el secador artificial.

5.2. RECOMENDACIONES

- a) Desarrollar tecnología para el mejor aprovechamiento de la energía solar, utilizando equipos que puedan transformar energía solar en calor, pues es extremadamente importante en la actualidad.
- b) Realizar la práctica de este método del secado solar en granos de cacao, ya que se obtiene un mejor producto en cuanto a su calidad que lo constituye un producto diferenciado.
- c) Se recomienda difundir las ventajas que ofrece este método de secado ya que además utiliza energía limpia amigable con el medio ambiente.

BIBLIOGRAFIA

- Arita, E. (2013). *Proceso cultivo y post cosecha del cacao*. (S. Martínez, & B. Nassar, Entrevistadores)
- Ayala, A. (2013). *Cooperativas de APROCACAO*. (S. Martínez, & B. Nassar, Entrevistadores)
- Banco Centroamericano de Integración Económica. (2010). *Valoración de mercados verdes para el sector cacao*. Turrialba.
- Batista, L. (2009). *Guía Técnica el Cultivo de Cacao en la República Dominicana*. Santo Domingo, República Dominicana: CEDAF, 2009
- Becerril, F. (1997). *Ciencia, metodología e investigación*. Naucalpan de Juárez: Pearson Prentice Hall.
- Bertorelli, L. (2001). *Efecto del secado al sobre la calidad del grano fermentado de cacao*. Venezuela.
- Bonaparte, A. (1998). *Algunas características de calidad de los granos de cacao secos al sol* [En línea] <http://www.scielo.org.ve/scielo.php>
- Carbajal, V. S. (2001). *Caracterización de 30 Árboles Promisorios de Cacao (Theobroma cacao L), en la Cuenca del Río Marañón*. Tesis Ing.Agrónomo. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María. 96 p
- Castellon, J. (2009) *Validación del uso de un secador Solar de Café Pergamino. Nicaragua*.
- Ghosh y Cunha (1975), parámetros del secado solar.
- Graziani de Fariñas et al (2003) parámetros del secado solar.
- Hernández, J. (2008). *Estudio del secado solar en productos agrícolas*. México [En línea] <http://somim.org.mx/articulos2010/memorias>
- Ministerio de Agricultura (2003). *Caracterización de las zonas productoras de cacao en el Perú y su competitividad*. Lima,Perú.
- Navarro, Melba (2006). *Guía técnica para promotores*
- Organismo para el desarrollo integral sostenible (2010). *Manual del proyecto: Mejoramiento de la calidad de vida de la población de tres distritos ubicados en el ámbito del VRAE a través de la instalación y comercialización de los cultivos de Sacha Inchi y Cacao*. Satipo, Junín, Perú: (ODEINS).

Ortiz de Bertorelli et al. (2004),Graziani de Fariñas et al(2003). *Parámetros del secado solar*

Pearson D.F, México, 1999, KIRK R.S. Composición y Análisis de alimento de Pearson, pags 464-465.

Pusiah et al. (1999). *Parámetros del secado solar*.

Restrepo. A., Burbano. J. (2005). *Disponibilidad térmica solar y su aplicación en el secado de granos*. Scientia et Technica No 27, 127 -132.

Saravia, L. (2011) *Ingeniería del secado solar*. Argentina

Secado de Granos. [En línea] <http://www.fao.org/docrep/x5058s>

Soria M. (2006). *Tipos de secadores solares en la región San Martín*.

Tinoco, Héctor. (2010).Escuela de Ingeniería de Antioquia, Medellín (Colombia)

WEBSITE:

- <http://es.scribd.com/doc/23271157/Cacao-REYES>.
- http://www.cam.gov.co/c/document_library/get_file?uuid=45166a64-341b-4564-9323-ed2d2b43bab&groupId=10128.