

Universidad Nacional de Ingeniería

Sede Regional del Norte

Recinto Universitario Augusto C. Sandino

Ingeniería Agroindustrial



Trabajo monográfico para optar a título de Ingeniero Agroindustrial

“Evaluación de Pre-secado de café pergamino en pre-secadores solares tipo domo, en fincas menores a 1000 metros sobre el nivel del mar, en los departamentos de Madriz y Nueva Segovia”

Autores:

Edwin Ariel Espinoza Tinoco

Israel Alejandro Flores Centeno

Tutor:

M.Sc. Luis María Dicovski Riobóo

Asesor:

Ing. Henry Ramón Mendoza Vidaurre

Estelí noviembre 2011

AGRADECIMIENTOS

Primeramente damos infinitas gracias a Dios, por habernos dado fuerzas y valor para terminar nuestros estudios.

Agradecemos la confianza y el apoyo de nuestros padres y hermanos, porque han contribuido positivamente para llevar a cabo esta difícil tarea como lo fue nuestro tema de investigación.

A la Universidad y Docentes que contribuyen a la formación de excelentes profesionales y nos han guiado a lo largo de la carrera.

En especial al M.Sc Luis María Dicovski Riobóo, tutor de nuestra tesis y al Señor Henry Mendoza, asesor de nuestra investigación, quienes nos asesoraron con cada una de sus valiosas aportaciones, las cuáles nos ayudaron en la realización y culminación de este trabajo monográfico.

Un agradecimiento muy especial, a CAFENICA LWR por habernos financiado la investigación, lo cual fue muy importante para realizar nuestro trabajo de tesis.

Finalmente, agradecemos a nuestros compañeros de grupo, ya que la constante comunicación con ellos ha contribuido en gran medida a transformar y mejorar la forma de actuar en nuestro trabajo, especialmente a aquellos que nos brindaron apoyo a cada una de nuestras dudas, por lo cual estamos finalizando nuestro trabajo monográfico.

Gracias a todos.

Índice

I. Introducción	2
II. Antecedentes	4
III. Justificación.....	6
IV. Objetivos	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos	8
V. Marco teórico	9
5.1 Generalidades del café	9
5.2 Clasificación científica.....	10
5.3 Beneficiado húmedo de café	10
5.4 Diagrama de beneficiado húmedo de café	12
5.5 Etapas del secado	13
5.6 El proceso de secado.	14
5.6.1 <i>Cuándo secar</i>	15
5.6.2 <i>Sistemas para el secado de los granos</i>	16
5.6.3 <i>Métodos de secado</i>	17
5.6.4 <i>Secado natural</i>	18
5.6.5 <i>Secado en patios</i>	18
6.6 Tipos de secadores	19
6.6.1 <i>Bandejas o paseras</i>	19
6.6.2 <i>Patios</i>	20
6.6.3 <i>Carros secadores</i>	20
6.6.4 <i>Marquesinas</i>	21
6.6.5 <i>Secadores solares parabólicos</i>	21
6.6.6 <i>Secadores solares parabólicos modificados</i>	21
6.6.7 <i>Secador Solar Multipropósito y de tambor rotatorio</i>	22
6.6.8 <i>Secador solar tipo domo</i>	23
VI. Hipótesis	25
VII. Metodología	26
7.1 Ubicación de la investigación:.....	26

7.2 Descripción de la investigación.....	26
7.3 Variables a evaluar e instrumentos a utilizar	28
7.3.1 Variables.....	29
7.3.2 Instrumentos	29
7.4 Diseño experimental	31
7.5 Métodos a utilizar en la evaluación del pre-secado de café en fincas	32
7.6 Variables a medir.....	33
7.7 Manejo del experimento.....	34
7.8 Análisis estadístico	35
VIII. Análisis y presentación de resultados.....	36
8.1 Tiempo de secado de los tratamientos dentro y fuera de los pre-secadores.....	37
8.2 Humedades Relativas dentro y fuera de pre secadores (HR).....	41
8.3 Temperaturas de del pre-secador y fuera de este	43
8.4 Humedades finales de los tratamientos monitoreados dentro y fuera del pre-secador en las diferentes fincas evaluadas	45
8.5 Estudio de costo de la tecnología	50
IX. Conclusiones	54
X. Recomendaciones	55
XI Bibliografía	56
XII. Anexos:.....	58
12.1 Modo de uso del probador de humedad (Gehaka G600).....	58
12.2 Hojas de tomas de datos	59
12.2.1 Datos del pre secador, finca El cedro, de Luis Emilio Betanco Erazo..	59
12.2.2 Datos pre secador, finca El Sentido, José Aquiles Espinoza Fortín.....	63
12.2.3 Datos pre secador, finca El Ojo de Agua, Claudio Hernández V.	67
12.2.4 Datos pre secador, finca El Refugio, Manuel de Jesús Sevilla.	69
12.3 Imágenes de las fincas donde se llevó a cabo la investigación.....	71

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de beneficiado húmedo del café	12
Figura 2. Bandeja o pasera	19
Figura 3. Patio de Secado	20

Figura 4. Carros secadores	20
Figura 5. Marquesinas.....	21
Figura 6. Secadores solar parabólico.....	21
Figura 7. Secador parabólico modificado	22
Figura 8. Secador solar tipo domo	24
Figura 9. Construcción del Pre-secador	27
Figura 10. Planos del pre-secador tipo domo.....	28
Figura 11: Tiempo promedio de pre-secado del Tratamiento 25 en el secador. ...	37
Figura 12: Tiempo promedio del pre-secado del Tratamiento 50 lb x m ² en el secador.	38
Figura 13: Tiempo promedio del pre-secado del Testigo 50 lb x m ² fuera del secador.	39
Figura 14: Humedad relativa dentro del pre-secador.	41
Figura 15: Humedad relativa fuera del pre secador.	42
Figura 16: Temperaturas dentro del Secador.....	43
Figura 17: Temperaturas fuera del secador.	44
Figura 18: Pérdida de humedad por tratamiento finca el Cedro.	45
Figura 19: Pérdida de humedad por tratamiento finca El Ojo de Agua.	47
Figura 20: Pérdida de humedad por tratamiento finca El Sentido.	48
Figura 21: Pérdida de humedad por tratamiento finca El Refugio.	49

Resumen

Se evaluó el pre-secado de café pergamino dentro de estructuras de secadores solares tipo domo, con el fin de disminuir el tiempo que utilizan los productores en el oreado y pre secado de café. El proyecto del secador solar para café inició a mediados de noviembre de 2010 y finalizó en enero del 2011 gracias al apoyo de CAFENICA-LWR quien financió las estructuras a los productores y nos permitieron realizar esta investigación. El objetivo era determinar los volúmenes apropiados de café pergamino que se podían secar midiendo las diferencias de temperaturas, humedades relativas y el tiempo que tardaba en secarse el café, el productor comparando el método tradicional que él realiza con respecto al uso de estos secadores, los cuales consideramos una tecnología alternativa y apropiada.

El trabajo se realizó a través de un proceso de investigación participativa con el grupo de productores de café orgánico y café especial de los departamentos de Madriz y Nueva Segovia, cuyas fincas se encuentran a alturas menores a los 1000 msnm.

Se encontró que dentro de los pre-secadores solares tipo domo las temperaturas se mantenían 9°C por encima de las del ambiente y que las humedades relativas eran más bajas con una diferencia de un 13%. Sin embargo el secador domo no funcionó como se esperaba, por diferentes factores que entorpecieron este proceso como la poca ventilación interna y sombras de árboles o casas.

I. Introducción

El secado es un fenómeno caracterizado por la pérdida de humedad ya sea de un objeto, alimento o grano. El uso de secadores solares para el secado de café pergamino responde a una tendencia en el desarrollo de tecnologías, que permitan proteger al grano de las condiciones climatológicas adversas, obtener un grano seco de calidad y lograr el secado en días con poca radiación solar.

La experiencia y estudios preliminares indican que el secado tiene una importancia decisiva en la obtención de un grano comercializable de alta calidad. Al secar el grano adecuadamente, se hace fácilmente conservable, al mismo tiempo que se garantiza su buen gusto y aroma.

El secado, además de ser una de las operaciones más costosas del proceso de beneficio del café, enfrenta en la práctica productiva de nuestras empresas cafetaleras otra serie de problemas. Entre las afectaciones que pueden surgir en el café que seca el productor de manera tradicional tenemos los daños en los granos por lluvia o exceso de rocío nocturno. Para evitar estos problemas se requiere un trabajo manual adicional de recolección y protección del grano, que implica un aumento del uso de mano de obra. (Fundación Manuel Mejía, 2010)

La tecnología utilizada por campesinos normalmente se encuentra integrada a su estructura o forma de vida. Con la adaptación de esta nueva tecnología como lo es el uso de pre-secadores solares tipo domo en fincas con alturas menores a los 1000 msnm, se pretende que esta tecnología sea factible, adaptable para cualquier productor y que no deteriore el medio ambiente.

Durante la realización del trabajo involucramos a los productores de café, incorporándolos en todas las etapas de la investigación incluyendo el intercambio de experiencia. Su participación fue activa desde la elaboración de los pre-secadores solares tipo domo, hasta la obtención de los resultados del secado de café pergamino, ya que existe interés en apropiarse de la tecnología.

La presente investigación se hizo con la finalidad de mejorar la operación de secado de café, a través de la adaptación de nuevas tecnologías como lo son los pre-secadores solares, ya que ésta es una operación de gran importancia dentro de la cadena agroindustrial del café, porque así se mantiene la calidad del grano y se evita su deterioro durante el almacenamiento. Dicha investigación se realizó en las cooperativas de las zonas cafetaleras con alturas menores a 1000 msnm, en los departamentos de Madriz y Nueva Segovia, Nicaragua, las cuales cuentan con el apoyo y financiamiento de CAFENICA LWR (Asociación de cooperativas de pequeños productores de café de Nicaragua).

II. Antecedentes

El secado de granos es un proceso simultáneo de transferencia de calor y de humedad. Para entender adecuadamente el funcionamiento del secado, el lector tiene que estar enterado con los fundamentos de la higrometría (psicometría), contenido de humedad de equilibrio, caudal de aire y la velocidad de secado. (Revista El HIGO. UNI-Norte, 2009)

A nivel nacional podemos mencionar la experiencia que tuvo lugar en el municipio de San Rafael del Norte ubicado en el departamento de Jinotega, en la temporada 2007-2008 y 2008-2009 donde se evaluó una propuesta sobre secado de café pergamino para garantizar un proceso de oreado rápido.

Esta experiencia contaba con una estructura para secado de café que consistía en un túnel elaborado de tubos de hierro galvanizado recubierta con plástico translúcido con un área útil de secado de 18 metros cuadrados y una capacidad de 160 kg de café pergamino.

En los dos ciclos evaluados el secador tuvo una temperatura media superior en 8° C con respecto a la temperatura ambiente, logrando reducir el período de oreado en un 50%.

Existen otras experiencias como la realizada en Honduras en la región de Márcala donde se trabajó con diferentes tipos de estructuras de secadores solares, algunas con las características del secador solar tipo domo utilizado en nuestra evaluación.

Se encontró que secando café pergamino en mantas o cajillas de cedazo el café demoraba 59 horas para lograr un 12% de humedad, en patios de concreto demoraba 57 horas para obtener 12% de humedad y con la secadora solar demoraba 35 horas para alcanzar el 12% de humedad por lo que según este estudio resulta más viable utilizar secadores solares para retirar la humedad del café pergamino. (Café Marcala, 2010)

El secado de café logra reducir el contenido de humedad del grano desde 52-56% bh, hasta el 10-12% bh, reduciendo así el riesgo de deterioro ocasionado por el ataque de hongos y de microorganismos. (Alfonso Parra-Coronado, 2008)

La forma tradicional del secado del café es al aire libre sobre zarandas o en patios de cemento donde se exponen los granos directamente a los rayos del sol, durante varios días, removiéndolo periódicamente hasta alcanzar la reducción adecuada de la humedad.

En empresas cafetaleras grandes las secadoras mecánicas como guardiolas y secadoras estáticas como se les conoce comúnmente, forman parte de la infraestructura necesaria por el volumen de café que se procesa.

Las secadoras solares para café son una alternativa que se le ofrece al caficultor/a para que pueda secar su café, no se dañe la calidad y que no sea castigado con grandes descuentos por humedad y por grano dañado. (CEDICAFE-Anacafé, 2010)

III. Justificación

El café ha representado por muchos años uno de los principales sectores de nuestra economía. Ya que ha sido uno de los principales productos de exportación de nuestro país.

El 100% del café que se produce en Nicaragua pertenece a las variedades de café arábica. En Nicaragua se cultivan las variedades tradicionales, especialmente caturra, pero también típica, paca, borbón, tekisic, maragogype, paracarmara y maracaturra. También se cultivan, pero en menor escala, catimor y otras variedades.

En general, el café de Nicaragua tiene una taza excepcional, porque proviene de variedades tradicionales, por su modalidad de recolección (solamente se cosechan los frutos maduros, rojitos), por el procesamiento de despulpado y lavado, por el secado al sol y por las alturas, pluviosidad, humedad relativa y suelos donde se cultiva. Un 85% del café se produce sobre los 1000 msnm y se caracteriza por su acidez, cuerpo y excelente aroma. También se encuentran características especiales en los cafés producidos en zonas por debajo de los 1000 msnm.

El café cosechado y cultivado a menos de 1000 msnm en Nicaragua representa un 15% de la producción total, posee más cuerpo que el que se cultiva a mayor altitud, pero su acidez es más baja. Ya que esta generalmente varía conforme la altura a la que crecieron los granos de café, en esta característica también influye el proceso de secado, por lo que quienes realizan esta etapa adecuadamente pueden obtener niveles más altos de acidez en sus cafés. (Gómez, 2005)

El secado es un proceso de gran importancia en la cadena agroindustrial del café, 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.

La forma tradicional de secado de café en Nicaragua, es al aire libre en cajillas de cedazo, donde se exponen los granos húmedos directamente a los rayos del sol durante varios días, removiéndolo periódicamente hasta alcanzar la reducción de humedad. Este sistema de secado implica mucho movimiento del café, pues debe protegerse de lluvias repentinas, polvo, basura y animales. Además que se debe cubrir o guardar por las noches.

Debido a los problemas que presenta el secado de café en finca y a la creciente demanda de la calidad de los cafés de Nicaragua, se consideró pertinente desarrollar una tecnología apropiada para secar el café haciendo uso de la radiación solar como energía limpia para calentar el aire que a su vez se encarga de deshidratar el grano, esta tecnología es el pre-secador solar tipo domo que aprovecha el calor del sol, protege al grano del polvo, basura y animales, procurando reducir el tiempo de secado para asegurar la calidad del grano.

El secado tiene otros beneficios para la calidad, pues un secado bien realizado mantiene las características biológicas, químicas y físicas que el grano poseía inmediatamente después de la cosecha. Además de características sobresalientes del grano tales como buena apariencia en oro, uniformidad de color, peso justo y garantía de que la calidad de la taza reflejará las mejores cualidades.

Con la culminación de esta investigación se expuso a los productores de la zona de Madriz y Nueva Segovia los beneficios que presenta el uso del pre-secador tipo domo y de realizar un buen secado, para que así otros opten por emplear este nuevo sistema de secado en sus fincas ya que a través de este pueden mantener la calidad de su café.

Para esto se realizó un taller de capacitación con las organizaciones cooperativas que nos permitieron desarrollar esta investigación, en el cual se brindó la información obtenida de los pre-secadores en las fincas donde se llevó

a cabo este trabajo y se les facilitó a los productores algunas recomendaciones del uso de esta tecnología alternativa, para que estos se apropien de ella.

IV. Objetivos

4.1 Objetivo general

- Evaluar el pre secado de café pergamino en estructuras de secadores solares tipo domo en fincas cafetaleras ubicadas en alturas menores a 1000 msnm.

4.2 Objetivos específicos

En condiciones de fincas cafetaleras a menos de 1000 msnm:

- Determinar los tiempos de secado del café pergamino dentro de los pre-secadores solares tipo domo con dos capacidades de carga diferentes.
- Medir la diferencia del tiempo de secado del café pergamino dentro de los pre-secadores en comparación al que se seca de forma tradicional o en zarandas.
- Identificar las diferencias de temperatura y humedad relativa presentes dentro de los pre-secadores en comparación a las del ambiente.
- Describir la relación que existe entre la pérdida de peso en el café pergamino pre-secado en forma tradicional en comparación a la pérdida de peso del café pergamino secado en pre secadores.
- Realizar estudio de costos de la nueva tecnología: secador tipo domo y del testigo: forma tradicional.

V. Marco teórico

5.1 Generalidades del café

Café, nombre común de un género de árboles de la familia de las Rubiáceas y también de sus semillas y de la bebida que con ellas se prepara. De la treintena de especies que comprende el género *Coffea* sólo son importantes tres: *arabica*, *canephora* y *liberica*. El arbusto o arbolillo, de 4,6 a 6 m de altura en la madurez, tiene hojas aovadas, lustrosas, verdes, que se mantienen durante tres a cinco años y flores blancas, fragantes, que sólo permanecen abiertas durante unos pocos días. El fruto se desarrolla en el curso de los seis o siete meses siguientes a la aparición de la flor; cambia desde el verde claro al rojo y, cuando está totalmente maduro y listo para la recolección, al carmesí. El fruto maduro, que se parece a la cereza, se forma en racimos unidos a las ramas por tallos muy cortos; suele encerrar dos semillas rodeadas de una pulpa dulce. (infoagro.net, 2010)

Los cultivos de café Robusta (*Coffea Canephora*). Variedad que está mucho mejor adaptados para las tierras bajas, cálidas, húmedas y otras regiones donde había fallado la *Coffea arabica*. Aunque pronto se descubrió que la calidad del grano robusta es bastante inferior a las variedades arábicas, con la desventaja adicional de ser extremadamente variable de una planta obtenida por semilla a otra, sin embargo, el café robusta y sus híbridos con otras especies manifestaron características decididamente favorables: inmunidad o gran resistencia a la roya por *hemileia*, baja cantidad de fruta para la proporción de grano seco, gran capacidad productora y capacidad para retener la fruta en el árbol por algún tiempo después de su plena madurez. (Café arabo, 2010)

La semilla del café contiene una compleja mezcla de componentes químicos; algunos de ellos no se ven afectados por el tueste, pero otros, en particular aquellos de los que depende el aroma, son producto de la destrucción parcial del grano verde por la torrefacción. Los compuestos que extrae el agua hirviente se

clasifican en componentes de sabor no volátiles y componentes de aroma volátiles. Los compuestos no volátiles más importantes son la cafeína, trigonelina, ácido clorogénico, ácidos fenólicos, aminoácidos, hidratos de carbono y minerales. Entre los volátiles hay ácidos orgánicos, aldehídos, cetonas, ésteres, aminas y unos compuestos de azufre llamados mercaptanos. Los principales efectos fisiológicos del café se deben a la cafeína, un alcaloide con propiedades suavemente estimulantes. Desde hace algunos años se debate si el café podría resultar más nocivo de lo que normalmente se acepta para quienes deben tomar pocos estimulantes y si la cafeína es peligrosa para el feto. Sin embargo, estos estudios no han arrojado por el momento resultados definitivos. (Microsoft Encarta, 2007)

5.2 Clasificación científica

El café pertenece al género *Coffea*, de la familia Rubiáceas (*Rubiaceae*). Las variedades arábica corresponden a la especie *Coffea arabica*, las de canephora, a *Coffea canephora*, y las de liberica, a *Coffea liberica*. (Microsoft Encarta, 2007)

5.3 Beneficiado húmedo de café

Beneficio Húmedo donde se separa la pulpa del grano con máquinas despulpadoras, se fermenta por 12 o 20 horas, dependiendo de la temperatura externa, se lava para separar el mucílago de los granos y luego se procede al secado del café.

Este trabajo empieza con la recolección de frutos maduros de la planta, cabe destacar que los frutos deben estar en el punto óptimo de maduración, esta actividad se realiza manualmente evitando la destrucción de las yemas ubicadas en las ramas de la planta de café para asegurar futuras cosechas, durante esta etapa no deben cosecharse los granos verdes o inmaduros porque se rompen en la despulpadora conocidos como granos mordidos los que pueden producir sabores astringentes en la bebida dañando la calidad del café, en la época de cosecha pueden realizarse 2 o 3 cortes dependiendo del estado de madures de

los frutos. Luego se procede al despulpado en donde se le quita la capa externa del fruto llamada pericarpio o pulpa usando máquinas despulpadoras, cuando el café en uva se encuentra en su punto óptimo de maduración el despulpado es más fácil y seguro permitiéndonos llevar a cabo esta etapa sin el uso de agua. A este proceso se le conoce como despulpado en seco. El siguiente paso es dejar que al grano se le desprenda la segunda capa llamada mucílago o mesocarpio, a esta etapa se le conoce como fermentación la cual es un proceso biológico causado por los diferentes microorganismos que se encuentran en el ambiente como levaduras, hongos y bacterias que se alimentan del azúcar del mucílago, estos microbios se multiplican con extremada rapidez y producen sustancias llamadas enzimas que desprenden el mucílago, para ello se deja que fermente en pilas que pueden ser de madera o de concreto durante un tiempo promedio de 12 a 20 horas, el tiempo de fermento puede variar en dependencia del grado de madurez del fruto y de la temperatura, donde en climas frescos puede tardar más horas para alcanzar el punto óptimo de fermento que se encuentra en un pH aproximado de 4, una fermentación incompleta puede causar problemas en el lavado, secado y favorece el desarrollo de hongos, cuando existe una sobre-fermentación las consecuencias pueden ser pérdida de peso en el café, pergamino manchado y granos defectuosos, cualquier problema dentro de la fermentación puede dañar la calidad del café produciendo sabores indeseados. Luego llega el lavado donde se retira el mucílago y otras sustancias producidas por la fermentación, el lavado debe efectuarse con agua limpia y suficiente para remover bien el mucílago lo que nos asegurara calidad en el producto, el lavado puede realizarse en canales de madera o de concreto con dimensiones de acuerdo al volumen que se beneficia. Posteriormente llega el secado u oreado. (COFENAC, 2010)

El secado del Café es un proceso altamente importante dentro de la cadena agroindustrial de este rubro ya que en esta etapa se obtienen algunos de los aromas que se esperan estén presentes dentro de las características organolépticas de este producto.

5.4 Diagrama de beneficiado húmedo de café

En el siguiente diagrama de flujo, mostrado en la figura 1, se presenta en forma resumida el proceso húmedo del café recibido por los productores en sus fincas, indicando el orden de los procesos, seguidos según las diferentes etapas del beneficiado.

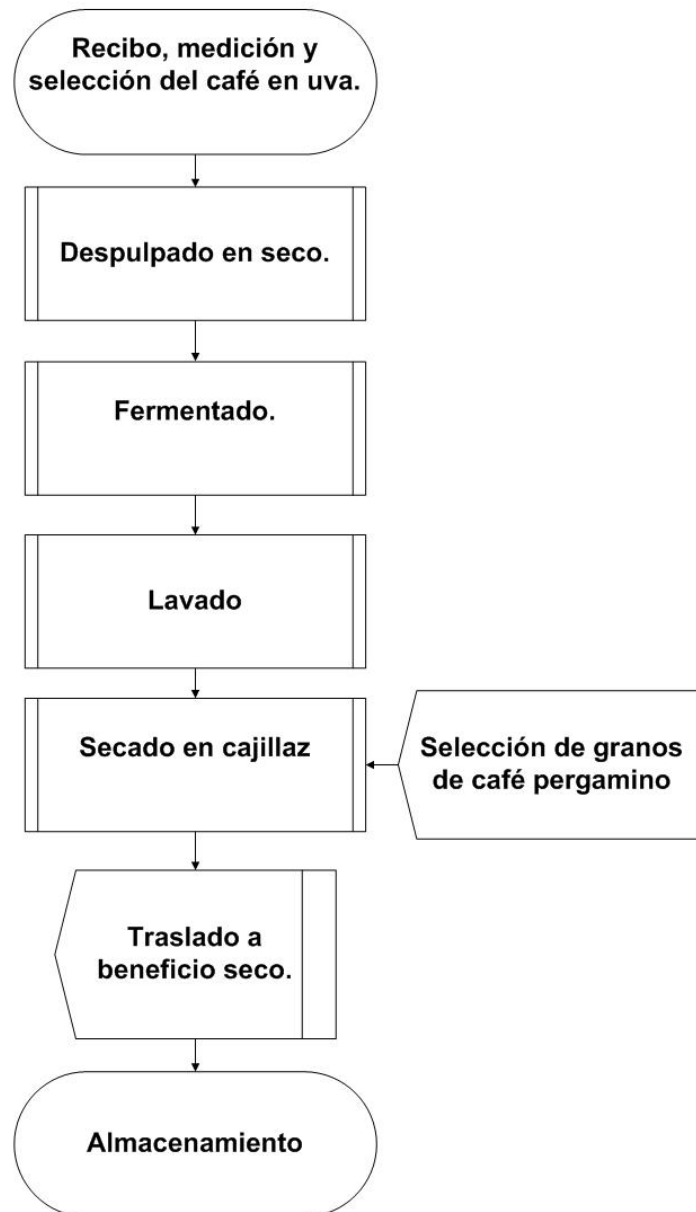


Figura 1. Diagrama de beneficiado húmedo del café

5.5 Etapas del secado

Oreado: Es el secamiento de la humedad superficial del café pergamino (agua presente sobre el grano). Donde se logra reducir la humedad de un 56-55% a un 48%.

Pre-secado: Aquí se retira el agua libre que se encuentra entre el pergamino y el grano oro como tal. En esta etapa se logra reducir la humedad desde 48-47 % hasta un 32%.

Secado: Es donde se retira el agua pseudo ligada al grano, logrando reducir la humedad del 32% hasta un 11 o 12 %. Etapa de secado completo del grano, listo para almacenamiento sin riesgo de crecimiento de hongos u otros peligros de deterioro del café. (Café Marcala, 2010)

¿Cuál es la razón del secado?

El secado del café se realiza básicamente porque se requiere mantener la calidad del grano durante el tiempo que sea necesario, mientras se logra comercializar.

¿Cómo se seca el café?

El aire frío que ingresa por los respiraderos del plástico circula dentro de la misma, calentándose y eliminando la humedad del grano.

¿Qué son las Secadoras Solares tipo domo?

Son estructuras construidas con múltiples materiales como: madera, bambú, P.V.C. o tubo metálico, las cuales son forradas con plástico transparente y que combinadas con zarandas colocadas en su interior, sirven para el secado del café. (Café Marcala, 2010)

5.6 El proceso de secado

Secar significa remover cantidades de agua relativamente pequeñas de cierto material. El término se emplea también al extraer líquidos orgánicos de materiales sólidos. El secado es un proceso en el que se intercambian calor y masa. Implica la transferencia de un líquido procedente de un sólido húmedo a una fase gaseosa no saturada. Incluye una operación energética elemental y representa una de las acciones térmicas básicas en la industria de procesos y agro-alimentaria.

El secado o deshidratación de alimentos se usa como técnica de preservación pues los microorganismos que provocan la descomposición de los alimentos no pueden crecer y desarrollarse en ausencia de agua.

Una de las maneras más simples para lograr el secado (de alimentos o cualquier material) es exponer el material húmedo a una corriente de aire con determinadas condiciones de temperatura, humedad y velocidad. Entre más seco y más caliente esté el aire, mayor será la velocidad de secado. El calor se añade por contacto directo del producto a secar con aire caliente a presión atmosférica y el vapor de agua formado se elimina por medio del mismo aire. Existen otros procesos de secado más complicados como el secado al vacío o por congelación. En el secado al vacío la evaporación del agua se verifica con mayor rapidez y el calor se añade indirectamente por contacto con una pared metálica o por radiación; en el secado por congelación el agua se sublima, pasando directamente del material congelado al aire.

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, ya que la mayoría 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. (Virgilli, 2000)

5.6.1 ¿Cuándo 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 la 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.

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. (FAO, 1993)

5.6.2 Sistemas para el secado de los granos

Un sistema de secado-almacenamiento de granos exige una inversión considerable de dinero. En la adquisición o construcción de un sistema para el secado y almacenamiento de granos, 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 aumenta durante la comercialización 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.

Con el fin de que las tecnologías y equipos de secado sean económicamente viables, deben estar de acuerdo con el nivel de la producción.

Antes de recomendar la construcción de un número considerable de unidades de secado y almacenamiento en regiones rurales, es necesario realizar un estudio económico y financiero para conocer si el valor agregado de la producción, o sea, el mayor precio que ese grano va a obtener (probablemente, pero no siempre) en el mercado, paga las inversiones y hace rentable la construcción. Existen casos en que los canales y formas de mercadeo no establecen precios diferenciales para el grano seco y de mejor calidad, como por ejemplo cuando la

cosecha es comprada por intermediarios y procesadores a quienes no les interesa que el grano esté seco.

Hay varios sistemas de secado que se pueden construir con materiales simples, siguiendo las recomendaciones de construcción y manejo de la información moderna sobre procesamiento de granos. (FAO, 1993)

5.6.3 Métodos de secado

El secado de granos 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: aquella en la que el grano se seca por lotes y aquella 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. Esto es especialmente importante cuando existen métodos que ya han sido empleados desde hace mucho tiempo por los agricultores de una comunidad. Los métodos alternativos no pueden ser recomendados sin una investigación previa de todas las posibles consecuencias, ya sean positivas o negativas, para los agricultores. (FAO, 1993)

5.6.4 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. 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.

Existen algunas estructuras simples para el secado natural de granos, cuyo uso ha sido comprobado en algunas regiones de América Latina. 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. (FAO, 1993)

5.6.5 Secado en patios

El patio es un piso de ladrillos, de hormigón o de tierra compactada que se construye en un lugar plano y soleado. Cuando es de ladrillos, se cubre con una mezcla de cemento y arena, y en sus bordes se construye un pequeño muro de 10 centímetros de alto. El piso de los patios debe tener una inclinación mínima de 1,5 por ciento para facilitar el deslizamiento de las aguas de lluvia. El secado en patios es un proceso natural, que consiste en esparcir el producto sobre un piso, en capas generalmente de menos de 10 centímetros de espesor. El secado se realiza por la acción del viento y la energía solar que incide sobre la superficie de los granos; por ello es necesario mezclar frecuentemente el producto para que el secado sea homogéneo. El uso de patios para el secado de granos está

muy difundido, debido a la simplicidad de su construcción y operación, al bajo costo inicial y a su versatilidad, ya que pueden ser secados casi todos los tipos de granos. (FAO, 1993)

Manejo del secado en patios

El secado del café recién cosechado se inicia esparciendo el producto en una capa delgada, de 3 ó 4 centímetros de espesor, y revolviéndolo frecuentemente porque su contenido de humedad es de aproximadamente 55 a 60 por ciento. Mientras el producto tenga una humedad superior al 35 por ciento, no se amontona ni se cubre durante la noche; cuando va perdiendo humedad, puede aumentarse el espesor de la capa. Al atardecer, el café se amontona y se cubre con una tela o lona de plástico. El período total de secado varía de 8 a 10 días, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar. (FAO, 1993)

6.6 Tipos de secadores

6.6.1 Bandejas o paseras

Generalmente se construyen en madera con piso de malla preferiblemente, o de madera. Se ubican sobre estructuras de madera. (Fundación Manuel Mejía, 2010)



Figura 2. Bandeja o pasera

Fuente: (Fundación Manuel Mejía, 2010)

6.6.2 Patios

Construidos en concreto, con una pendiente de 1%, se pueden armar casetas para proteger el café de la lluvia. No se recomienda poner el café cuando el piso este muy caliente. (Fundación Manuel Mejía, 2010)



Figura 3. Patio de Secado

Fuente: (Fundación Manuel Mejía, 2010)

6.6.3 Carros secadores

Consisten en estructuras móviles construidas en madera con fondos de malla perforada, esterilla o madera. Estas bandejas van puestas sobre rieles de tal forma que se puedan deslizar y proteger de la lluvia, ubicándolas bajo un techo común. (Fundación Manuel Mejía, 2010)



Figura 4. Carros secadores

Fuente: (Fundación Manuel Mejía, 2010)

6.6.4 Marquesinas

Son estructuras de hierro o de madera con techo de vidrio o plástico y pisos y paredes generalmente en mampostería. Estos secadores permiten aprovechar la radiación difusa durante los días poco soleados o lluviosos y la radiación directa en las horas de sol. También acumulan energía en forma de calor, lo cual es muy importante en las últimas etapas de secado cuando se requiere de mayor temperatura del grano para acelerar el secado. (Fundación Manuel Mejía, 2010)



Figura 5. Marquesinas

Fuente: (Fundación Manuel Mejía, 2010)

6.6.5 Secadores solares parabólicos

Son una forma muy práctica para utilizar la radiación solar y la energía del aire en el secado del café. Consisten en un techo plástico transparente y una estructura rustica en guadua (Bambú) de forma parabólica que permite aprovechar mejor la radiación durante los días poco soleados o lluviosos y la



radiación directa durante las horas de sol. Además, el tiempo de secado, en comparación por ejemplo, con los carros, es menor, por lo menos en cuatro días. Estos secadores solares han tenido gran aceptación por parte de los pequeños productores debido a su bajo costo y a sus facilidades de construcción y operación. (Fundación Manuel Mejía, 2010)

Figura 6. Secadores solar parabólico

Fuente: (Fundación Manuel Mejía, 2010)

6.6.6 Secadores *solares* parabólicos modificados

Los modelos iniciales de secadores solares parabólicos son estructuras abiertas en sus extremos y bordes laterales con el fin de permitir aireación y un secado uniforme del café. Sin embargo, cuando el café que se va a secar está infestado de broca, estos sitios se convierten en áreas para el escape de los adultos de broca, que regresan al cafetal. Para evitar este problema Cenicafé propone el siguiente parabólico modificado: en modelos recientes, desarrollados en Cenicafé, se utilizan compuertas laterales de plástico que se abren o cierran según el estado del proceso de secado. (Fundación Manuel Mejía, 2010)



Figura 7. Secador parabólico modificado

Fuente: (Fundación Manuel Mejía, 2010)

6.6.7 Secador Solar Multipropósito y de tambor rotatorio

El tambor colocado en el interior de la cámara de secado está formado por un doble cilindro metálico de chapa de acero perforada, y es el encargado de captar la radiación solar incidente que atraviesa la doble cubierta de vidrio. En el espacio anular entre los dos cilindros se coloca el producto por secar. Los extremos se han cerrado mediante soldadura de chapa de acero, lo que permite la rotación de los dos cilindros unidos entre sí como un solo cuerpo. El tambor gira a una velocidad de 6 r/min a través de un mecanismo de motor reductor y transmisión por fricción. El tambor se desplaza sobre rieles en el sentido

longitudinal hacia adentro o fuera de la cámara de secado para las operaciones de carga, descarga o mantenimiento. Se dispone de un ventilador auxiliar axial de 120 W que realiza el tiro forzado del aire desde la cámara hacia el interior del espacio anular (lugar donde se colocan los granos de café para secar) con el propósito de mantener la uniformidad de las propiedades termo físicas del aire en la cámara. El principio de funcionamiento de los secadores solares utilizados se basa en el efecto invernadero. De todo el espectro de la radiación solar incidente, una parte atraviesa la doble cubierta de vidrio, de ella una fracción es absorbida por las superficies metálicas absorvedoras, las cuales emiten radiación infrarroja que no puede atravesar el vidrio, y éste a su vez emite hacia las superficies absorvedoras creándose una trampa térmica. La radiación absorbida por la chapa metálica se transfiere en forma de calor al aire de la cámara de secado, incrementándose la temperatura del fluido a lo largo del día solar. (Centro de Investigaciones de Energía Solar, 2003)

6.6.8 Secador solar tipo domo

La secadora solar tipo domo consiste básicamente en una estructura de madera y tubo PVC, piso de tierra, cubierta de nylon para invernadero con protección UV. Mide 3.4 metros de ancho por 10 de largo por 2.25 metros de altura, La entrada de aire frío es de 15 cm en la parte baja, las ventanas de ventilación miden 30cm por 80cm y esta tienen una cortina del mismo nylon para cubrirlas en la noche.

En el interior se encuentra 20 parihuellas o zarandas de 1.20 metros de largo por 0.91 metros de ancho, construidas de madera y malla de acero inoxidable, en cada una de ellas tienen una capacidad aproximada es de 50 libras de café húmedo para hacer un total de 10 quintales, la altura de la masa del café no debe ser mayor a 4cm. Las parihuellas son móviles al igual que las tarimas y las reglas esto se hace con el objetivo de usar la instalación para otros fines.

Cuando no haya café para secado. En los lados se construyó una zanja recubierta con cemento para el drenaje del agua de lluvia.



Figura 8. Secador solar tipo domo

Fuente: (Fundación Manuel Mejía, 2010)

El funcionamiento y la operación de la secadora solar es muy simple, el principio básico es calentar el aire del interior mediante rayos del sol disminuye así su humedad relativa, este aire caliente, al contacto con el café húmedo, tiende a absorber agua secando por tal razón el grano. Debido a las diferencias de temperaturas existentes entre el aire del interior y del exterior se da una circulación de este por el fenómeno de convección natural, de esta manera el grano perderá gradualmente su humedad. (Café Marcala, 2010)

VI. Hipótesis

El pre-secado de café pergamino en las estructuras de pre-secadores solares tipo domo en fincas menores a 1000 msnm: mantiene la calidad, disminuye significativamente el tiempo de secado y es una tecnología económicamente factible.

VII. Metodología

7.1 Ubicación de la investigación

Esta investigación se realizó con los fondos de CAFENICA LWR dentro de las fincas de los productores José Aquiles Espinoza Fortín, Claudio Hernández Vázquez, Manuel de Jesús Sevilla y Luis Emilio Betanco Erazo, miembros de las cooperativas UCPCO, UCOSEMUN y PROCOCER respectivamente. Cooperativas que pertenecen a la unión de organizaciones que conforman CAFÉNICA LWR. Ubicadas en las zonas de Madriz y Nueva Segovia.

7.2 Descripción de la investigación

La evaluación de esta nueva tecnología se hizo durante la cosecha de café 2010-2011, en las fincas: El Sentido ubicada en la comunidad El Bálsamo, en el municipio de san Juan de Rio Coco, en el departamento de Madriz, con una altura de 850 msnm, El Ojo de Agua situada en la comunidad de Samarkanda, en el municipio de san Juan de Rio Coco, en el departamento de Madriz, con una altura de 850 msnm, Finca la Única ubicada en la comunidad El Refugio, en el municipio de Wiwilí, en el departamento de Nueva Segovia, con una altura de 980 msnm y la finca El Cedro ubicada en la comunidad El Trapiche, en el municipio de Jalapa, en el departamento de Nueva Segovia, con una altura de 800 msnm. Fincas donde se comparo el pre-secado de café pergamino en las estructuras de secadores solares tipo domo versus la manera tradicional de pre-secado que hace el productor. El diseño experimental fue de dos tratamientos apareados con repeticiones en el espacio, realizado en las cuatro fincas antes mencionadas. Los tratamientos fueron: 2 tratamientos de café pergamino de 11.36 kg/m² y 22.72 kg/m² pre-secados con secador tipo domo y 22.72 kg/m² pre-secado al aire libre de la manera tradicional en la zona. En ambos casos el café se puso en cajillas tipo zaranda.

Dichos secadores poseían unas dimensiones de área de 6.2 m de largo por 3m de ancho y una altura de 2.5m con un área aprovechable de secado de 12 m²

donde se pueden secar 6 quintales aproximadamente si el grosor de la capa de café pergamino es de 11.36 kg/ m^2 .

La estructura fue elaborada de madera, metal, concreto y plástico, con suelo de concreto bajo la estructura de madera enterrada en el suelo donde van montados los tubos PVC con varillas de hierro en el centro para aumentar su resistencia, estos tubos estuvieron unidos a la madera a través de bridas o abrazaderas metálicas. Ver figura 10, de los planos de la estructura.

Se montaron dentro de los pre-secadores 2 cajillones de madera y malla, de 34 pulgadas (87 cm.) de ancho por 6 metros de largo ubicados a 1.1 m del suelo donde se trabajo con los tratamientos antes mencionados para evaluar el pre-secado de café pergamino por metro cuadrado dentro del secador tipo domo y fuera de éste.



Figura 9. Construcción del Pre-secador

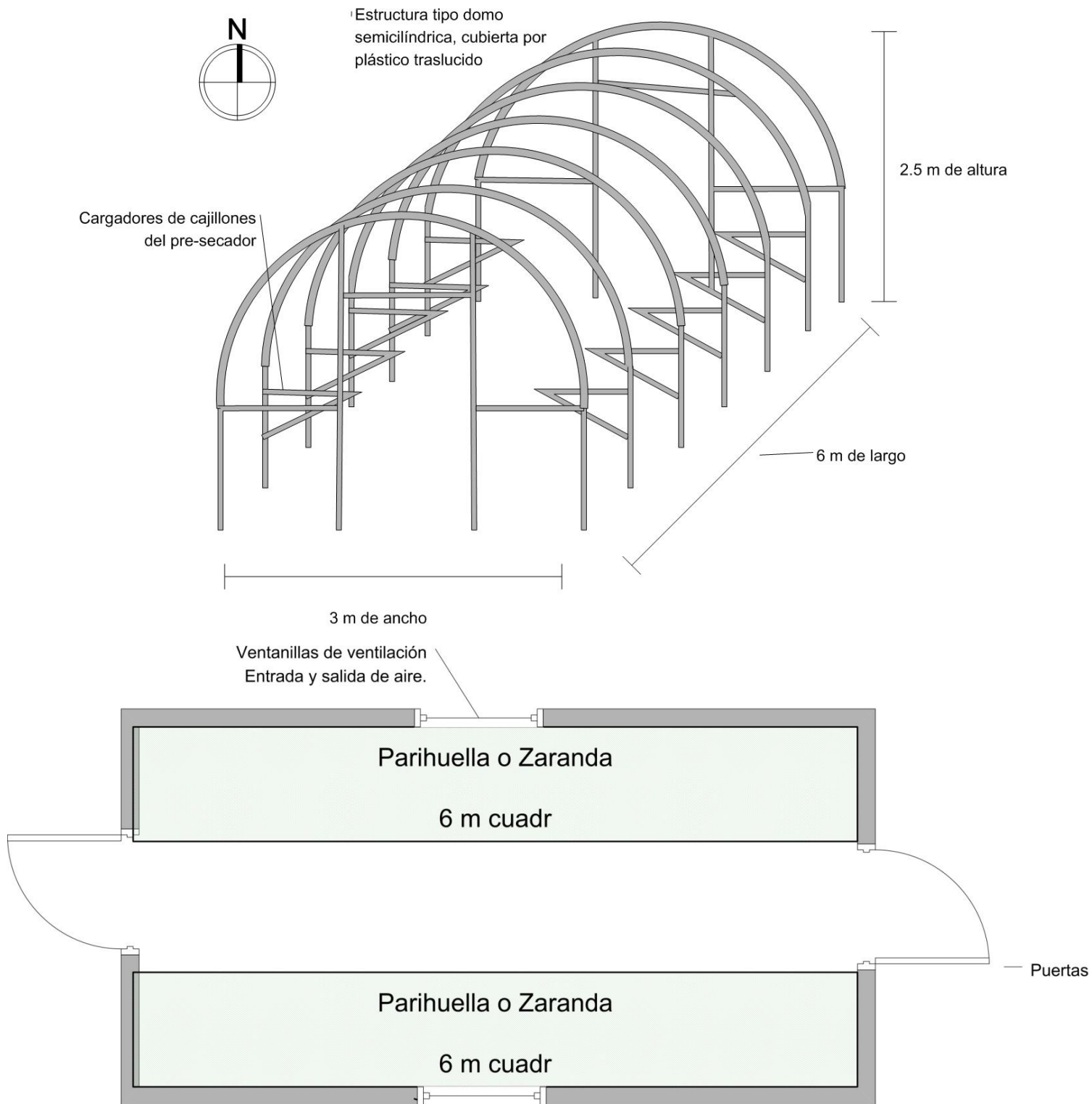


Figura 10. Planos del pre-secador tipo domo

7.3 Variables e instrumentos

7.3.1 Variables

Humedad y peso del café pergamino, humedad relativa del ambiente y dentro del pre-secador, temperatura dentro y fuera del pre-secador.

7.3.2 Instrumentos

Gahaka G600: Probador de humedad de granos.

Descripción

Para garantizar un mejor control de humedad de los granos, Gehaka desarrolló el medidor de humedad G 600.

Resistente al uso en el campo en condiciones extremas, el G 600 substituye a los equipos antiguos con muchas ventajas. Totalmente automático y micro-procesado, el G 600 es preciso y rápido. Elimina la necesidad del uso de tablas, lecturas en escalas analógicas y la utilización de factores de compensación de temperatura. Posee una pantalla alfanumérica que indica paso a paso su operación, en portugués, francés, español, inglés e italiano, posibilitando una operación simple y sin necesidad de capacitación.

Especificaciones

Número de escalas: 43

Rango de medición: depende de la escala

División: 0,1%

Precisión en la lectura de humedad: 0,5%

Peso de la muestra: 142 g + o u - 0,5 g

Temperatura de operación: de 5 a 50 °C

Dimensiones: 255 x 335 x 170mm (L x H x P)

Peso: 4,0 kg

Manual de instrucciones. (Gehaka G600, 2010)

Higrómetro: Medidor de humedad relativa y temperatura del ambiente

Descripción

Higrómetro estándar testo 608-H1 mide humedad, temperatura y punto de rocío. El eficaz higrómetro testo 608-H2 dispone de una alarma por LED cuando se exceden los valores límite.

- Con cálculo del punto de rocío visualización de valor td y Máx/Mín
- Sensor de humedad resistente a la condensación
- Se puede leer el visualizador a larga distancia
- testo 608-H2 con LED de alarma 18 s

Datos técnicos

LCD, 2 líneas

Temperatura de almacenamiento -40 ... +70 °C

Temperatura de funcionamiento 0 ... +50 °C

Peso 168 g

Tipo de sonda NTC

Rango de medición 0 ... +50 °C

Resolución 0.1 °C

Tipo de sonda Sensor de humedad, capacitivo

Rango de medición +10 ... +95 %HR

Resolución 0.1 %HR (hygrometer testo 608-H1, 2010)

Balanza: Para medir el peso de cada muestra

Descripción

Balanzas de Reloj de Colgar con 2 ganchos en S, sin Poruña, marca: "CAMRY", con 1 cara de lectura, modelo: NTA-100, con capacidad de 100 Kg y una plataforma de 500 gr de 1 Cara.

7.4 Diseño experimental

El método de secado que utilizamos en la investigación fue el de convección natural a través del aprovechamiento de la radiación solar para la separación de la humedad del café pergamino a través de la utilización de secadores solares tipo domo, comparándolo con el método de secado tradicional que realizan los productores de las zonas de Madriz y Nueva Segovia.

El secado tradicional se realiza al aire libre, consiste en colocar el pergamino mojado sobre cajillones de madera y cedazo donde se exponen los granos húmedos a los rayos del sol removiéndolos hasta que estos alcanzan la humedad deseada. Los productores de esta zona comercializan su café pergamino oreado con un porcentaje de humedad entre 44 y 42% lo cual representa un problema para la calidad del café ya que este corre el riesgo de contraer mohos los cuales se verán reflejados en la tasa proporcionándole sabores desagradables a la bebida.

Además el sistema de secado tradicional presenta muchos contratiempos para el productor ya que esto implica mucho movimiento del café ya que este debe protegerse de las lluvias repentinas, polvo, basura, animales y también se debe cubrir durante las noches para evitar que vuelva a absorber la humedad ambiental. (CEDICAFE-Anacafé, 2010)

Los secadores tipo domo consisten en una estructura tipo túnel semicilíndrico adaptados a las condiciones económicas de los pequeños productores de estas zonas caficultoras. Estas estructuras fueron elaboradas a base de madera, tubos PVC y varillas de hierro de 3/8 de pulgada, cubierto por un plástico traslucido especial.

El principio de funcionamiento y operación del secador tipo domo es muy sencillo. Consiste en calentar el aire dentro de la estructura tipo túnel a través de los rayos del sol, disminuyendo la humedad relativa de este, este aire al tener contacto con el café pergamino absorberá la humedad contenida dentro del grano secándolo. Debido a las diferencias de temperaturas existentes entre el

aire del interior y del exterior que circulan dentro del secador el café va perdiendo humedad gradualmente por fenómeno de convección natural. (Soriano, 2003)

De los datos finales de cada tratamiento que obtuvimos durante nuestra estadía de evaluación de secado de café pergamino en las diferentes fincas con alturas menores a los 1000 MSNM conseguimos los resultados de las distintas muestras que se monitorearon. Las cuales analizamos a través de herramientas estadísticas como: Análisis de varianza para determinar la variabilidad entre el café pergamino secado tradicionalmente y el que se seca en las estructuras conocidas como secadores tipo domo. Análisis de correlación para asociar como influyo la temperatura y humedad relativa en el secado del café pergamino, esto lo realizamos utilizando el programa SPSS. Y a través de esta valoración se identificaron las ventajas que presenta la aplicación de esta nueva tecnología en el secado de café pergamino.

7.5 Métodos a utilizar en la evaluación del pre-secado de café en fincas

Evaluación

Los tratamientos que utilizamos durante el proceso de toma de datos sobre pre-secado de café pergamino dentro de secadores solares tipo domo en comparación al secado de forma tradicional que realizan los productores fueron:

T25, T50, Testigo.

T25 = 25 libras de café pergamino mojado por metro cuadrado, (11.36 kg/m²).

T50 = 50 libras de café pergamino mojado por metro cuadrado, (22.72 kg/m²)

Estos dos tratamientos fueron manejados por los autores de esta investigación dentro del secador tipo domo.

Testigo = 50 libras/cajilla equivalente a 22.72 kg/cajilla esta muestra fue manejada por los productores en zarandas bajo las condiciones del ambiente tal y como lo han realizado típicamente.

En las zarandas del secador se midió 48 pulgadas a lo largo lo cual sumando con el ancho se obtiene 1m^2 y se colocó un separador, partiendo del centro de la zaranda hacia la izquierda y hacia la derecha, para colocar cada uno de los tratamientos T25 Y T50, el resto del espacio disponible dentro del secador lo utilizaba el productor para secar su café, aunque este no fuera objeto de estudio para nosotros, por lo que el secador se mantenía a diferentes capacidades de carga.

El testigo se ubicó en una zaranda de 2 varas de largo por 32 pulgadas de ancho equivalentes a 1.2 m^2 de área de secado, que son las zarandas que utilizan la mayoría de los productores. Por lo cual para igualar el volumen de café pergamino en la muestra testigo y la T50 se realizaban las mediciones pertinentes para colocar las mismas 50 lb/m^2 dentro de los cajillones de los productores, utilizando siempre un separador para disminuir la superficie de secado de estos.

7.6 Variables a medir

Durante todo el proceso de valoración entre las 2 formas de secado las variables medidas dentro del secador y fuera de este fueron:

Humedad relativa: Este dato lo obteníamos con el uso de termo-higrómetro (testo 608-H1) el cual hora con hora nos revelaba las humedades relativas del ambiente dentro y fuera del pre-secador.

Humedad del Grano: *La obteníamos* en intervalos de tiempo de 1 hora tarando una muestra de 142 g de café pergamino, la cual se introducía en el probador de humedad. El equipo utilizado para medir esta variable fue el Gehaka G600. (Ver anexo 12.1) Este procedimiento se realizó en las 3 muestras monitoreadas.

Temperatura: Esta variable la obteníamos cada hora utilizando el medidor de temperatura termo-higrómetro modelo testo 608-H1. Este equipo nos revelaba la temperatura dentro y fuera de los pre-secadores.

Peso: La medida del peso se comenzó a evaluar por hora, lo cual cambio en el curso de la investigación a cada 2 horas ya que entre hora y hora no se observaban variaciones en cuanto al peso. Este lo conseguimos con la balanza de Reloj de Colgar, marca “CAMRY”, la cual soporta un peso de 100 Kg.

7.7 Manejo del experimento

Los pre-secadores se establecieron dentro de las fincas de los productores beneficiados con la construcción de estas estructuras gracias al proyecto que impulso CAFENICA en conjunto con las cooperativas miembros de esta entidad, con los cuales realizamos nuestra investigación.

La evaluación comenzaba después que el productor lavaba su café. Luego procedíamos a seleccionar el café dañado, mientras se escurre el agua superficial presente en el café pergamino. Cuando el café estaba bien escurrido y escogido, se pesaba cada una de las muestras a evaluar las cuales fueron: Tratamiento T25 11.36 kg/m² de café pergamino oreado y Tratamiento T50 22.72 kg/m² de café pergamino oreado. Estos se evaluaron dentro del pre-secador. Y el Testigo equivalente a 22.72 kg/m² el cual fue manejado por el productor y evaluado fuera del pre-secador bajo las condiciones del ambiente tal y como el productor seca su café tradicionalmente.

Luego se procedió a la toma de datos la cual consistió en medir la humedad del grano, tomar el dato de temperatura y de humedad relativa dentro y fuera del pre-secador y peso del café pergamino. Además, de estos datos, se caracterizaron los días de acuerdo al clima en soleados, nublados, lluvioso, días con lluvia fuerte, días con viento y días con viento fuerte para relacionar la influencia del clima con respecto al tiempo de secado.

El estudio de costo y factibilidad del pre-secado en las estructuras tipo domo se midieron en cuanto a los costos marginales en relación con la forma tradicional de secado que realizan los productores actualmente y en cuanto a las ventajas

que esta tecnología ofrece con respecto al método que actualmente utilizan los productores de café en nuestro país.

7.8 Análisis estadístico

De los datos finales obtenidos de cada tratamiento se evaluaron con métodos estadísticos descriptivos e inferenciales como ANDEVA, correlación y regresión. Se estudió si hay diferencias significativas entre los 2 tipos de pre-secado que se estudiaron a través de las diferencias de temperaturas y las humedades relativas, así como establecer una relación entre la pérdida de peso y la pérdida de humedad del café pergamino.

VIII. Análisis y presentación de resultados

Partiendo de la información recabada (Ver anexo 12.2) durante el tiempo que estuvimos evaluando los 2 tipos de secado (Secador tipo domo vs Forma tradicional) encontramos que dentro del pre secador las temperaturas fueron más altas y las humedades relativas fueron más bajas en comparación a las del ambiente en la finca, pero la circulación del aire fue mínima por lo que no se dió a cabo la convección natural entre el aire seco dentro del pre secador en contacto con el café pergamino lo que nos impidió incrementar la velocidad del secado de estos granos.

La relación entre la pérdida de humedad del café y las horas que este demoró en secar nos dieron la pauta para definir las diferencias entre el tiempo de secado a diferentes cargas dentro del pre-secador, en comparación al secado en forma tradicional en zarandas.

8.1 Tiempo de secado de los tratamientos dentro y fuera de los pre-secadores.

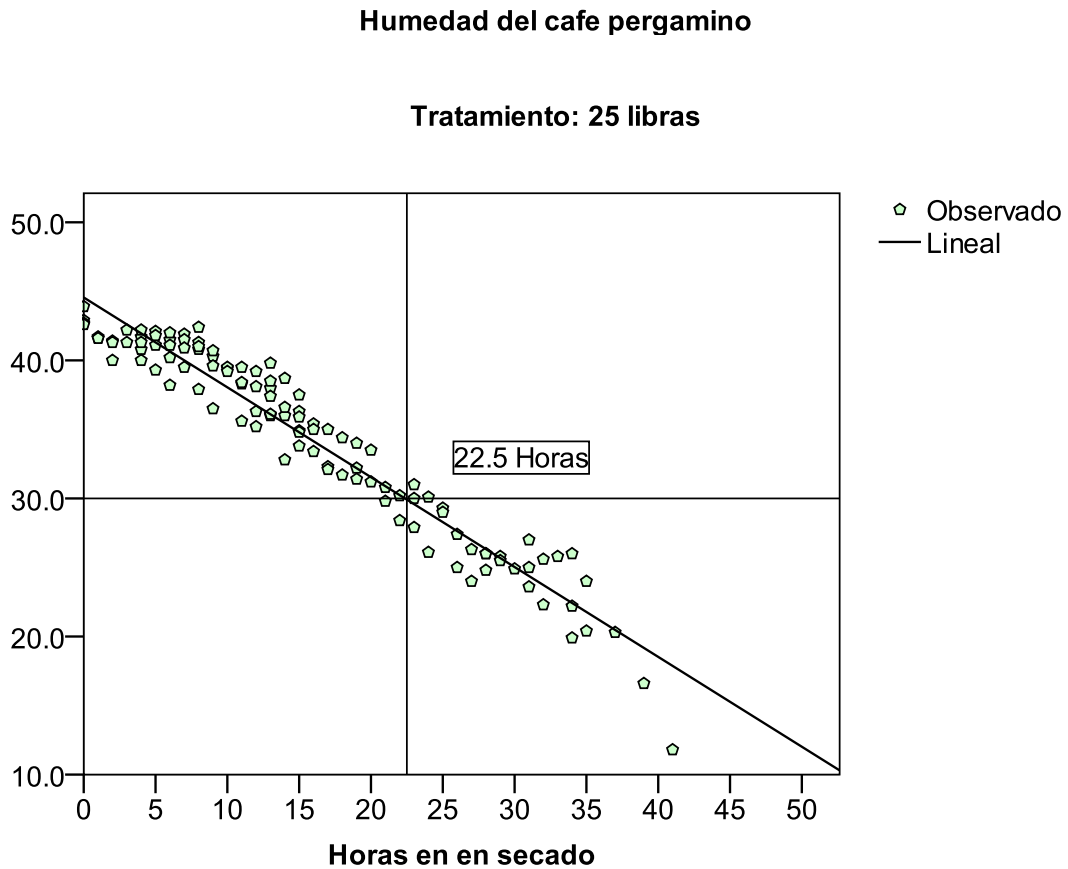


Figura 11: Tiempo promedio de pre-secado del Tratamiento 25 en el secador.

La figura 11 nos muestra el tiempo promedio en el cual el tratamiento 25 Lb/m^2 dentro de todos los pre-secadores evaluados tardó en alcanzar un 30% de humedad en el café pergamino, el cual demoró un tiempo de 22.5 horas.

Humedad del café pergamino

Tratamiento: 50 libras

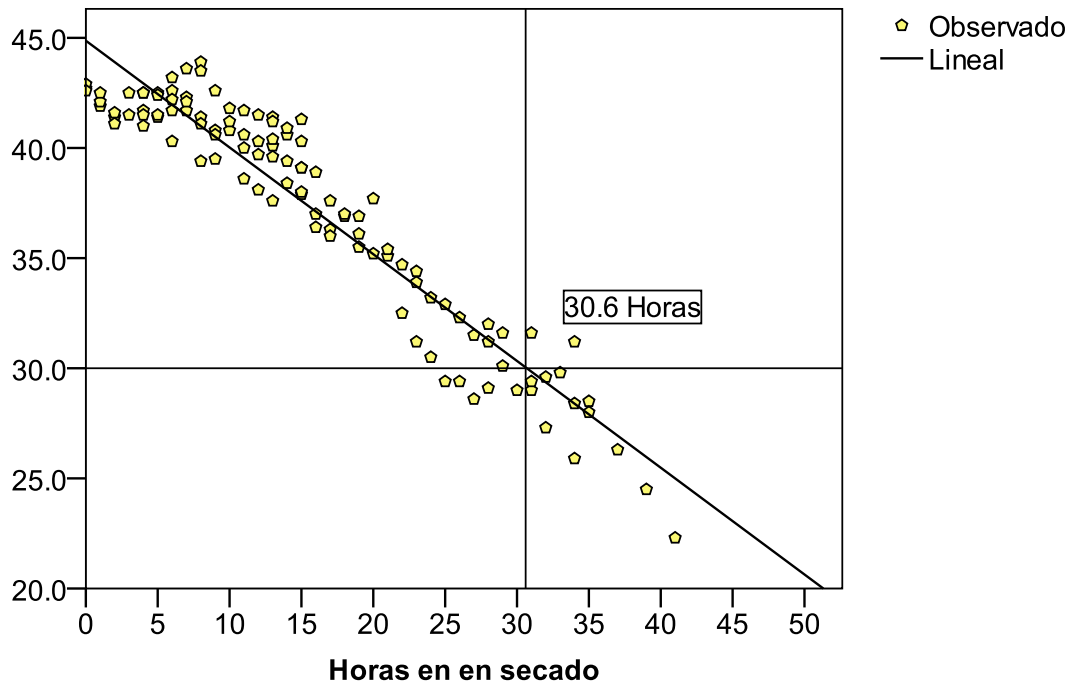


Figura 12: Tiempo promedio del pre-secado del Tratamiento 50 lb x m² en el secador.

En la figura 12 se observa el tiempo promedio que demoraron los tratamientos de 50 Lb/m² que se evaluaron dentro de los pre secadores, para poder alcanzar un 30% de humedad en los granos de café pergamino, el cual fue de 30.6 horas.

Humedad del cafe pergamino

Tratamiento: Testigo 50

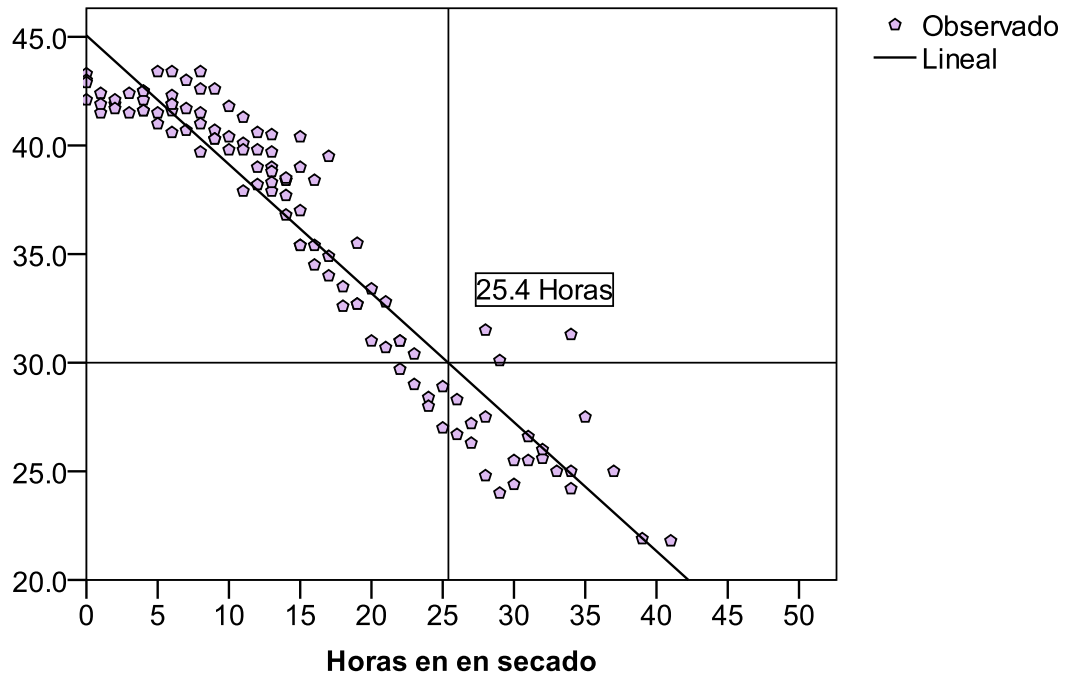


Figura 13: Tiempo promedio del pre-secado del Testigo 50 lb x m² fuera del secador.

En la figura 13 se ve reflejado el tiempo promedio que se demoraban los productores en alcanzar un 30% de humedad en los tratamientos testigo 50 Lb/m², en todas las fincas evaluadas el tiempo promedio de pre secado fue de 25.4 horas.

Observaciones y resultados de pre secadores.

Podemos observar que el tratamiento 25 libras dentro del pre secador fue el volumen de carga adecuado para el secado de café pergamino dentro del pre-secador ya que con este volumen de pergamino por metro cuadrado obtuvimos mejores resultados en comparación a la otra muestra presente dentro del secador y al testigo.

En el tratamiento 50 Lb/m² dentro del pre-secador encontramos que la velocidad de pérdida de humedad del café pergamino fue menor en comparación al testigo en la mayoría de los pre-secadores evaluados.

La muestra testigo fue manejada por el productor tal y como se ha hecho de generación en generación dentro de las fincas caficultoras de Nicaragua. Este método de secado natural se ve afectado por las condiciones del ambiente como lluvia y humedades relativas altas. Aunque esta muestra en comparación con el tratamiento T50 del secador obtuvo mejores resultados en la mayoría de las fincas. Esto se debió a una serie de inconvenientes que presentó el secador, los cuales se mencionan a continuación: Uno de los más importantes fue la ubicación de los pre secadores ya que en algunos casos no había una buena circulación de aire y otro factor fue la sombra alrededor de los pre secadores lo cual evitó el aprovechamiento de la radiación solar; por lo que se afectó el proceso de pre secado de los granos.

8.2 Humedades Relativas dentro y fuera de pre secadores (HR).

La humedad relativa es la cantidad porcentual de vapor de agua presente en el aire. En cuanto a las humedades relativas presentes dentro y fuera del ambiente del secador, estas variaron debido a las diferencias de temperaturas. Por lo que hubo variaciones de HR entre el pre secador y el ambiente natural dentro de las fincas.

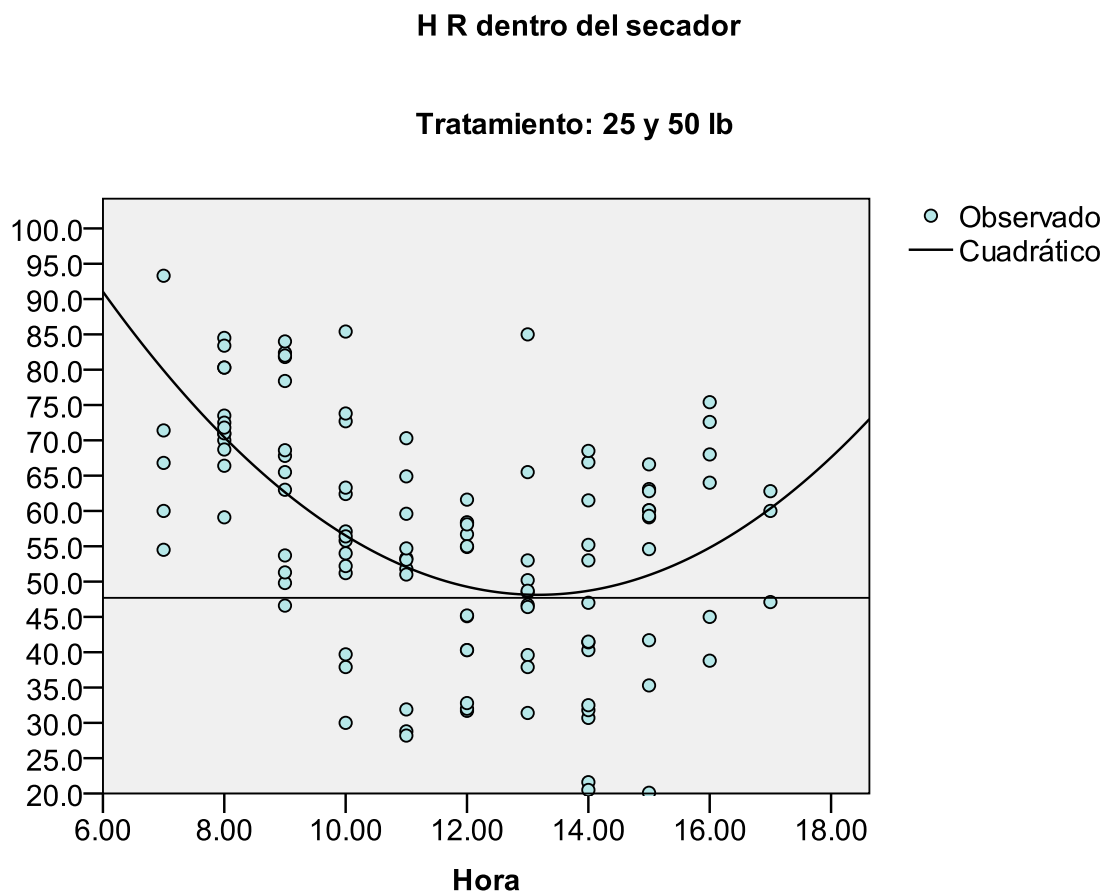


Figura 14: Humedad relativa dentro del pre-secador.

En la figura 14 se muestra el porcentaje de humedad relativa promedio que se mantuvo dentro de los pre-secadores, el cual fue de 47.7 %. Las humedades

relativas más bajas alcanzadas dentro del pre-secador fueron un poco menores al 20% por lo que hubo una diferencia de 13% entre esta tecnología y el testigo.

H R fuera del pre secador

Tratamiento: Testigo 50

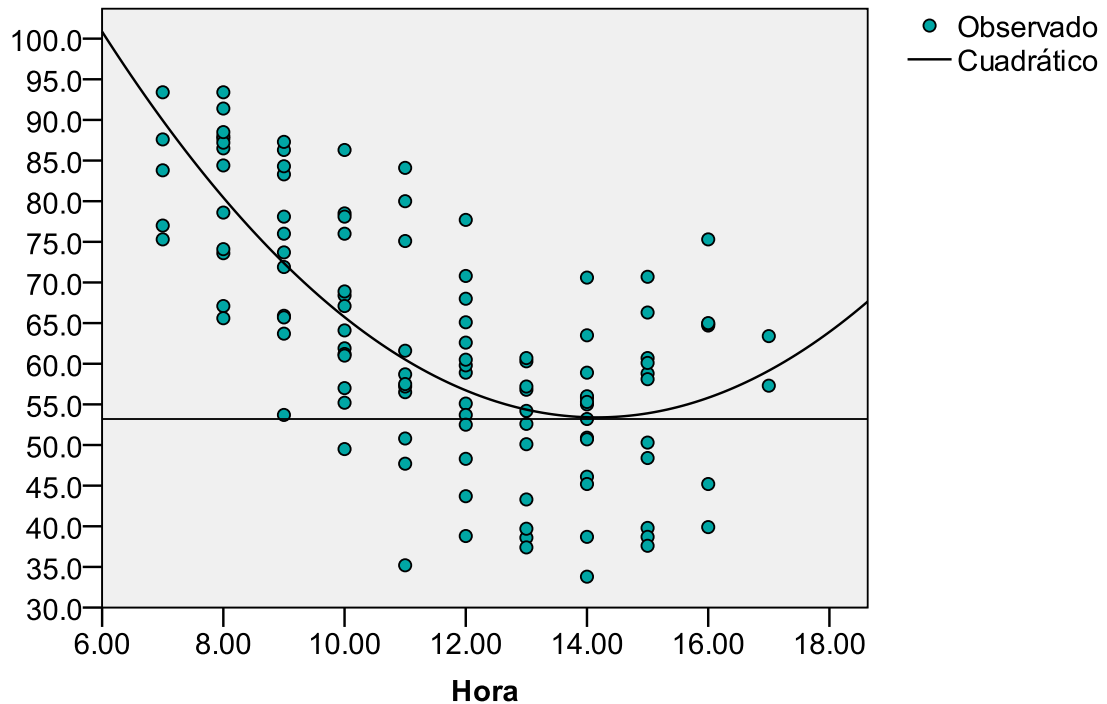


Figura 15: Humedad relativa fuera del pre secador.

La figura 15 da a conocer las humedades relativas promedio de los ambientes donde se monitorearon las muestras evaluadas fuera de los pre-secadores las que fueron de 53.2 %. Así como una humedad relativa mínima de 33%.

Resultados de las humedades relativas dentro y fuera del pre secador

En cuanto a humedades relativas el pre secador logró humedades más bajas que las del ambiente debido a que dentro de este las temperaturas eran mayores. Lo cual es favorable para el secado de granos de café pergamino.

8.3 Temperaturas de del pre-secador y fuera de este

La temperatura del aire de secado es el parámetro de mayor flexibilidad en un sistema de secado ya que esta influye significativamente en la eficiencia de secado y en la calidad del producto final. Un aumento de dicha temperatura significa un menor consumo de energía por unidad de agua evaporada y una mayor tasa de secado. A pesar de que las temperaturas de secado muy elevadas pueden causar daños térmicos en los granos.

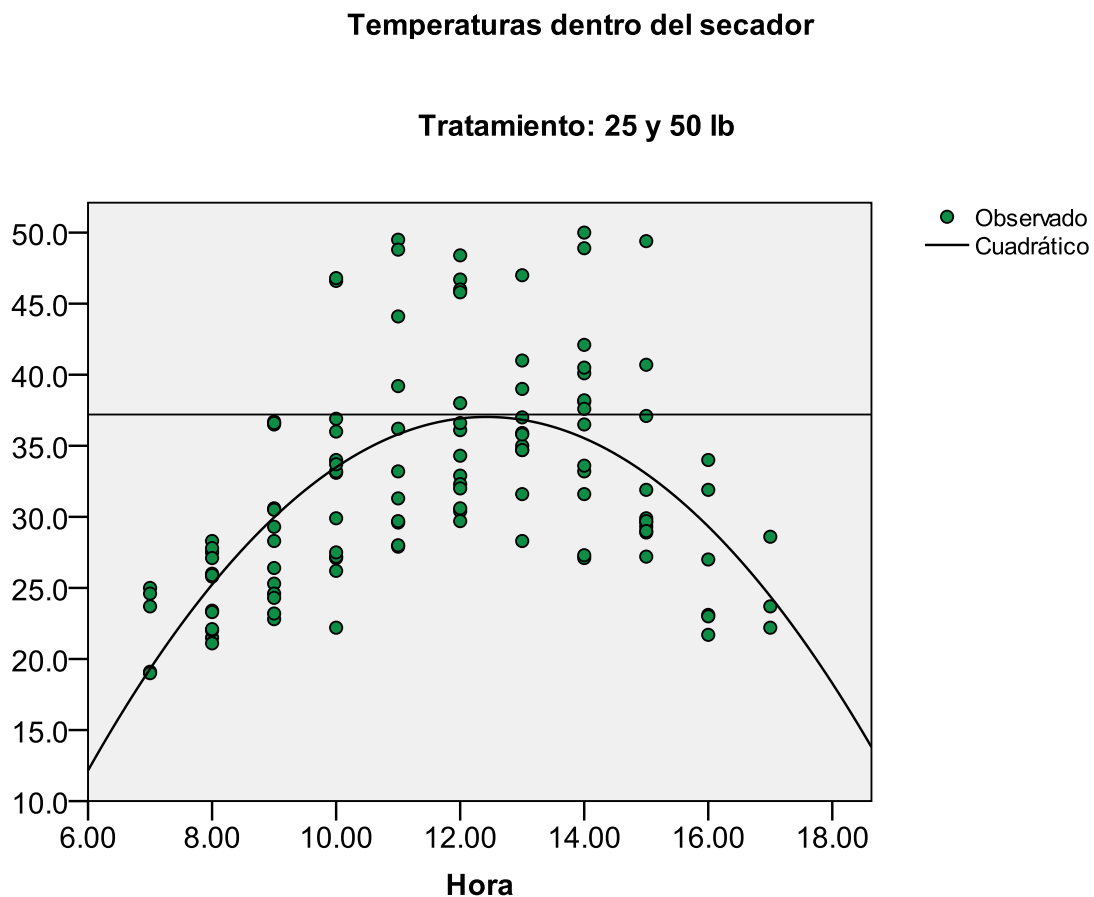


Figura 16: Temperaturas dentro del Secador.

La figura 16 revela las temperaturas promedio que se mantuvieron dentro de los pre-secadores las que fueron de 37.6°C. Logrando alcanzar temperaturas un

poco mayores de 50°C evitando que dentro de este las temperaturas excedieran este valor ya que esto provocaría daños al café pergamino.

Temperaturas fuera del secador

Tratamiento: Testigo 50

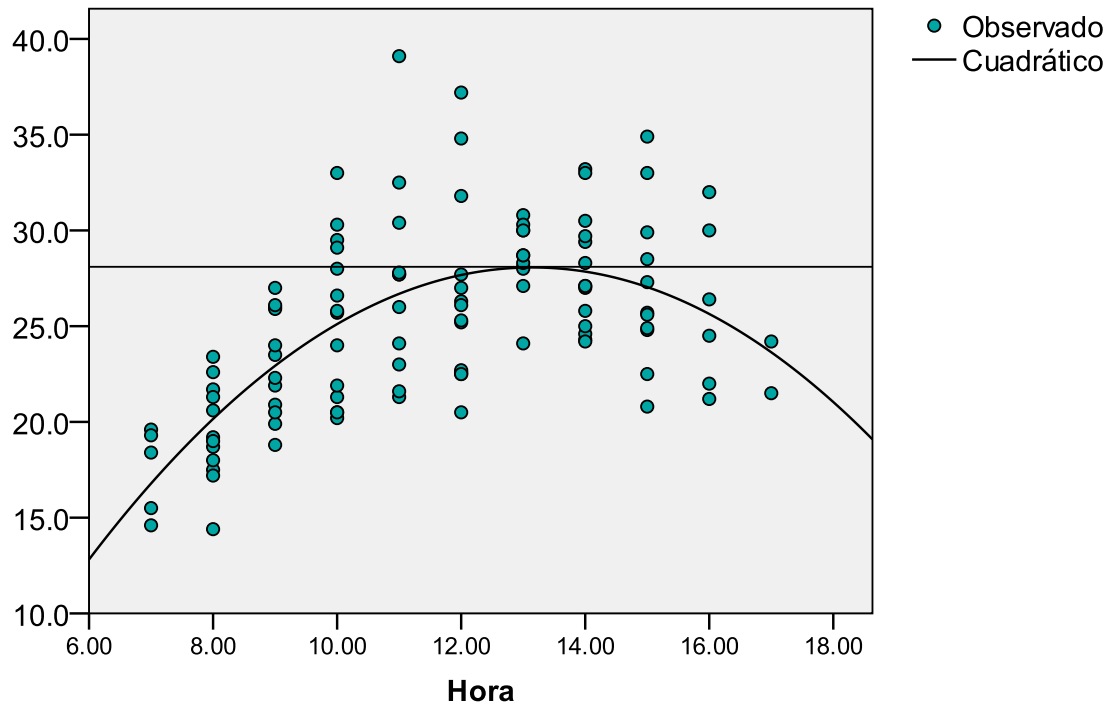


Figura 17: Temperaturas fuera del secador.

La figura 17 muestra que en el ambiente natural fuera de los pre-secadores la temperatura promedio obtenida fue de 28.1°C. En cuanto a las temperaturas máximas alcanzadas fuera de los pre-secadores logramos obtener un gradiente térmico de 39°C la cual fue 11 °C menor a la presente en los pre-secadores.

Resultados de las temperaturas dentro y fuera del pre secador

En cuanto a gradientes de temperatura el secador logra mayores temperaturas gracias al efecto invernadero ya que este deja entrar los rayos del sol y retiene el calor dentro de él.

8.4 Humedades finales de los tratamientos monitoreados dentro y fuera del pre-secador en las diferentes fincas evaluadas

Luis Emilio Betanco Eraso Jalapa Nueva-Segovia.

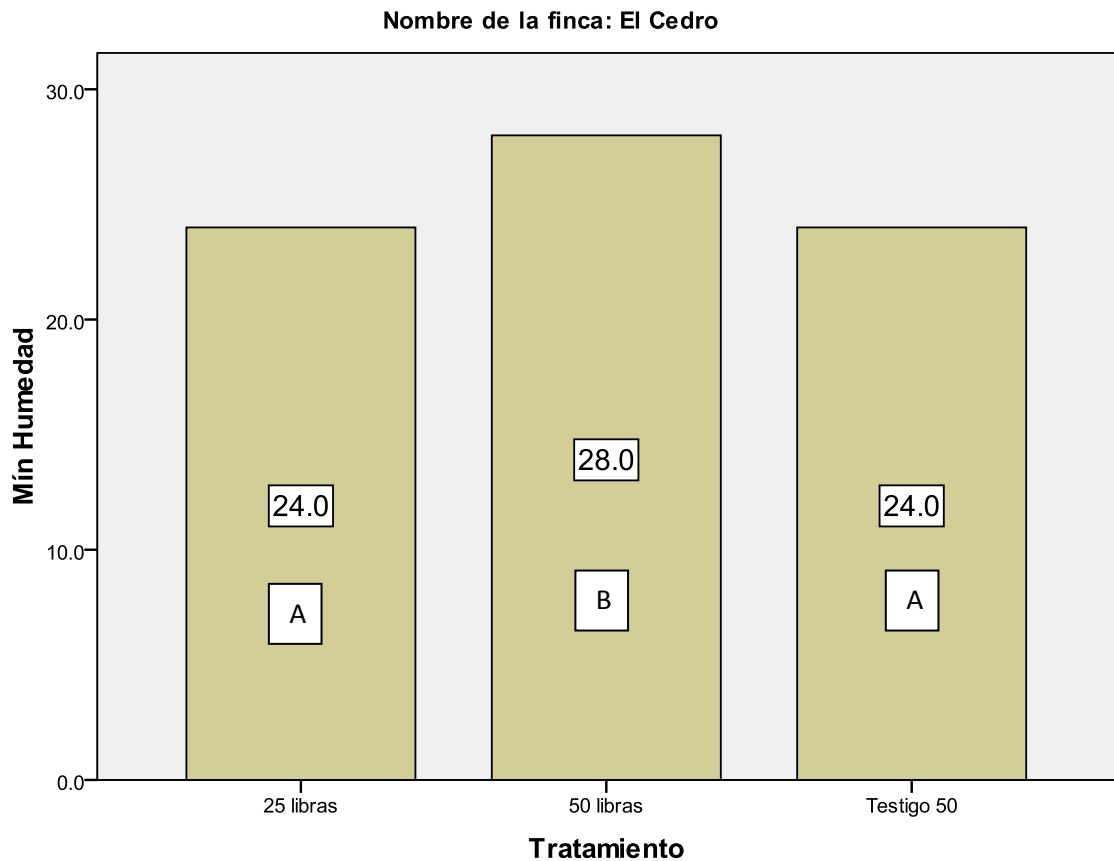


Figura 18: Pérdida de humedad por tratamiento finca el Cedro.

La figura 18 nos presenta las humedades mínimas alcanzadas por los tratamientos evaluados dentro y fuera del pre-secador. El tratamiento T25 11.36 kg/m² de café pergamino, obtuvo una humedad de 24.0%; Tratamiento T50 22.72 kg/m² de café pergamino, obtuvo una humedad de 28.0% y por último tenemos el testigo 22.72 kg/m² de café pergamino con una humedad de 24.0 %,

todos los tratamientos antes mencionados fueron monitoreados durante un tiempo de 36 horas.

En la finca El Cedro de don Luis Emilio Betanco Erazo no ocurrió lo que se esperaba del pre secador ya que en los tratamientos T25 11.32 kg/m² de café pergamino y testigo 22.72 kg/m² de café pergamino, en la figura nos presenta igual pérdida de humedad, esto se dió por la ubicación del pre secador ya que este estaba ubicado bajo las sombras de un árbol de mango y uno de Naranja los cuales proveían de sombra al pre secador la mayor parte del día, lo que evitaba el aprovechamiento la radiación solar. A diferencia del testigo 22.72 kg/m² de café pergamino, el cual poseía toda la disposición del sol durante los días de evaluación, los tratamientos dentro del pre secador solo recibían un máximo 3 horas de sol durante los días que se estuvieron evaluando.

Claudio Hernandez Vázquez Samarcanda-SJRC-Madriz.

Nombre de la finca: El Ojo de Agua

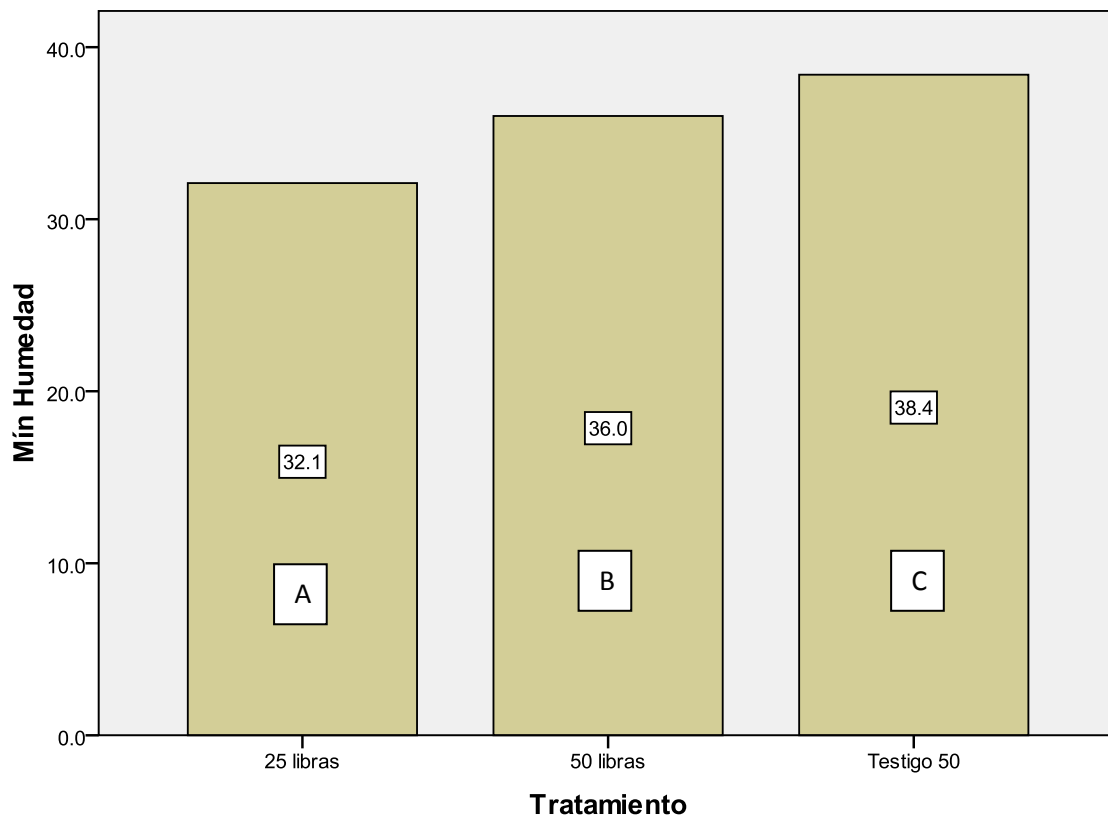


Figura 19: Pérdida de humedad por tratamiento finca El Ojo de Agua.

En la figura 19 se exhiben las humedades mínimas alcanzadas por los tratamientos evaluados dentro y fuera del pre-secador. Tratamiento T25 11.36 kg/m² de café pergamino 32.1% de humedad, Tratamiento T50 22.72 kg/m² de café pergamino 36.0% de humedad, por ultimo tenemos el testigo 22.72 kg/m² de café pergamino con 38.4 % de humedad, todos los tratamientos antes mencionados fueron controlados durante un tiempo de 36 horas.

En la finca El Ojo de agua de don Claudio Hernández Vázquez, el funcionamiento del secador fue óptimo porque este no presentó ningún impedimento para su función y se obtuvieron los resultados esperados.

José Aquiles Espinoza Fortin El Balsamo-SJRC-Madriz

Nombre de la finca: El Sentido

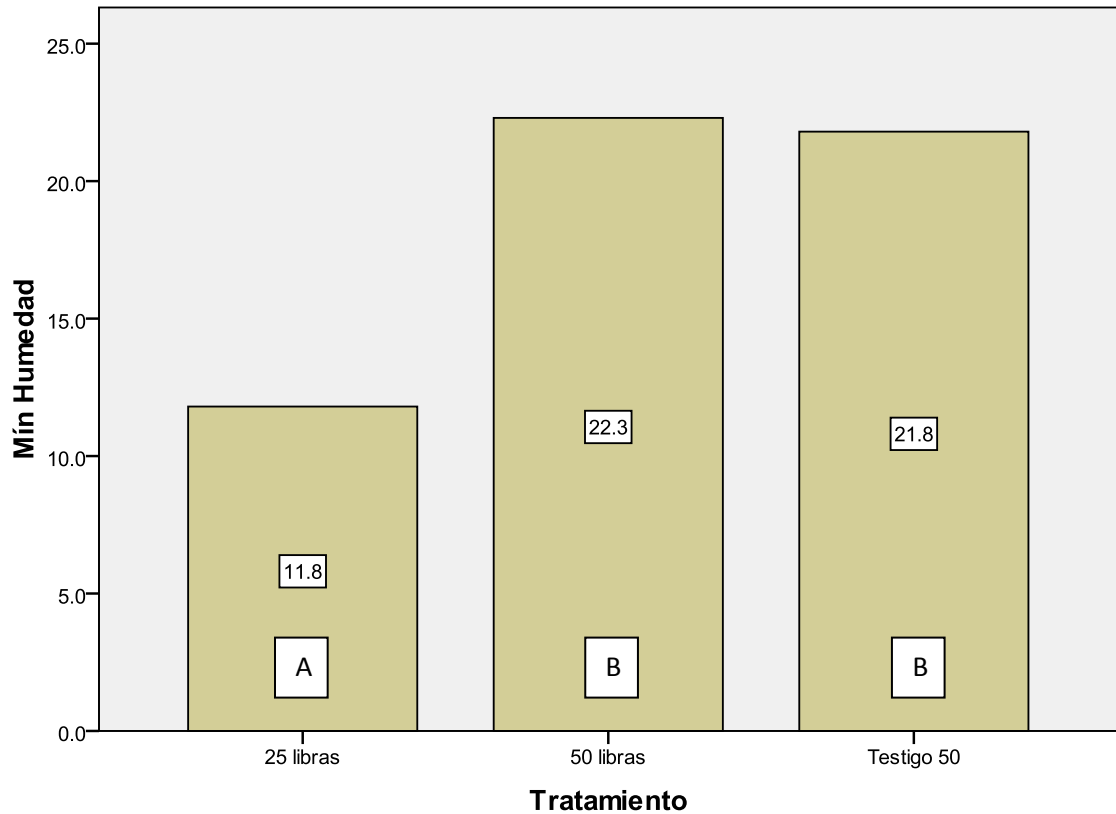


Figura 20: Pérdida de humedad por tratamiento finca El Sentido.

La figura 20 nos da a conocer las humedades mínimas alcanzadas por los tratamientos evaluados dentro y fuera del pre-secador. Tratamiento T25 11.36 kg/m² de café pergamino 11.8% de humedad, Tratamiento T50 22.72 kg/m² de café pergamino 22.3% de humedad, por último tenemos el testigo 22.72 kg/m² de café pergamino con 21.8 % de humedad, todos los tratamientos antes mencionados se controlaron durante un tiempo de 35 horas.

En la finca El Sentido de José Aquiles Espinoza Fortín. Se puede observar que el tratamiento 25 lb/m² ubicado dentro del pre-secador logró llegar a punto de trillo con una humedad dentro del café pergamino de 11.8% en un poco mas de

4 días. Y los tratamientos 50 lb/m² y testigo 50 lb/m² obtuvieron casi los mismos resultados con una diferencia de 0.9% de humedad a favor del testigo 50 lb/m². Lo que ocurrió gracias al esmero y manejo único que este productor le dió a su café testigo el cual lo maneja como café especial.

Figura 21: Pérdida de humedad por tratamiento finca El Refugio.

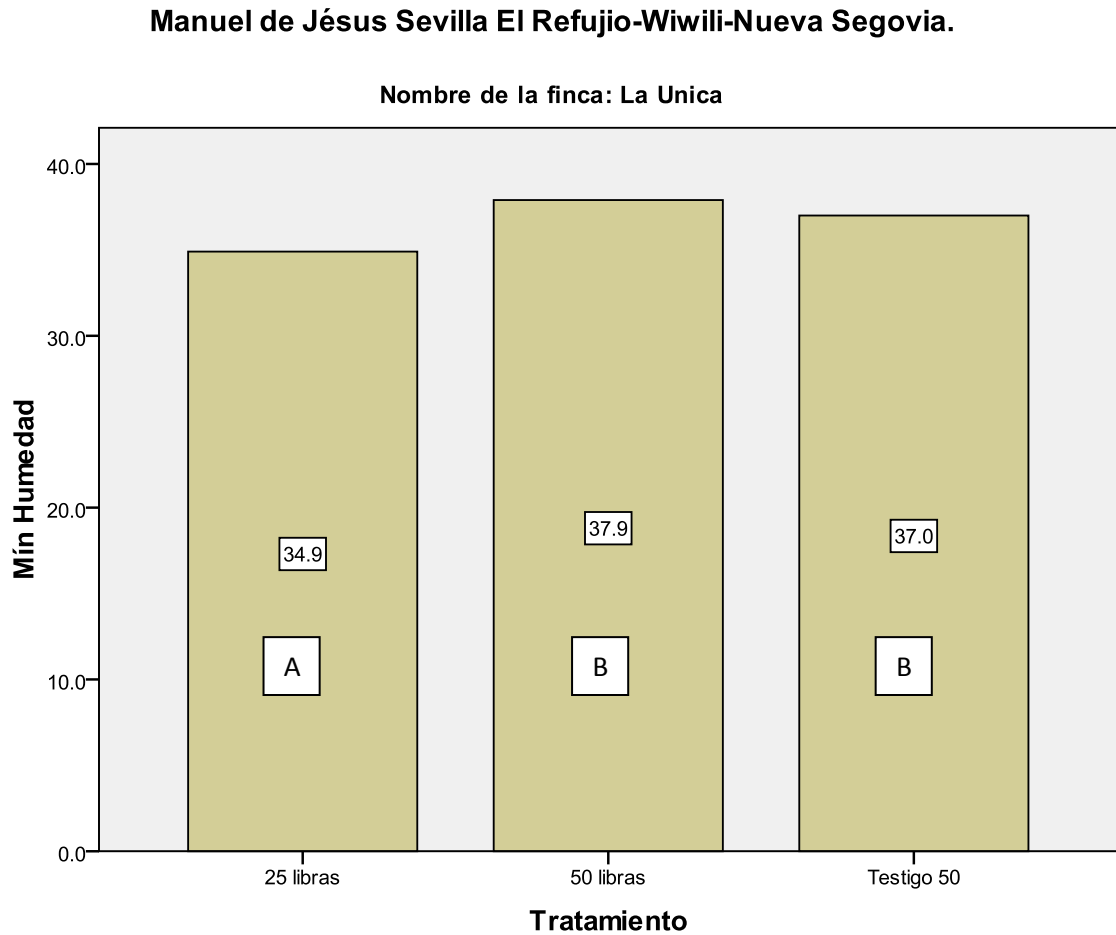


Figura 21: Pérdida de humedad por tratamiento finca El Refugio.

En la figura 21 se presentan las humedades mínimas alcanzadas por los tratamientos evaluados dentro y fuera del pre-secador. Tratamiento T25 11.36 kg/m² de café pergamino con una humedad de 34.9%, Tratamiento T50 22.72 kg/m² de café pergamino con una humedad de 37.9%, por último tenemos el

testigo 22.72 kg/m² de café pergamino con una humedad de 37.0 %, todos los tratamientos antes mencionados fueron controlados durante un tiempo de 17 horas.

En la finca El Refugio de don Manuel de Jesús Sevilla. No se observó diferencia significativa entre los tratamientos T50 22.72 kg/m² de café pergamino evaluado dentro del pre-secador y el Testigo 22.72 kg/m² de café pergamino evaluado fuera del pre secador y manejado por el productor ya que las condiciones del pre secador en esta finca no fueron las más favorables ya que este tenía menos horas aprovechables de sol que el testigo puesto que el pre-secador estaba ubicado a orillas de la casa de habitación del productor, lo que pudo influir indirectamente en la circulación correcta del aire dentro del pre secador y brindándole sombra a ciertas horas del día.

De manera general podemos observar que la mayoría de los pre-secadores no tenían las condiciones óptimas para su funcionamiento por lo que no se ven diferencias significativas en cuanto a pérdida de humedad del café pergamino evaluado dentro y fuera de los pre-secadores.

La velocidad de secado o pérdida de humedad se ve afectada por la circulación del aire dentro del pre secador.

8.5 Estudio de costo de la tecnología

Esta tecnología tal y como fue aplicada para nuestro proceso de investigación sobre técnicas alternativas de secado en finca tuvo un costo de 450 U\$ lo que se ve en el siguiente presupuesto facilitado por CAFENICA-LWR.

Inversión que se realizó en la elaboración del pre-secador

LISTA DE MATERIALES PARA CONSTRUIR LOS PRE SECADORES DE CAFÉ			
Materiales	Unidades	Costo	Total
Madera	14 piezas de 2x4x50 pulgadas	705 C\$	
	14 piezas de 2x2x34 pulgadas	250 C\$	
	06 piezas de 2x2x 4 varas	360 C\$	
	14 piezas de 1x2x40 pulgadas	160 C\$	
	14 piezas de 1x2x 20 pulgadas	88 C\$	
	04 piezas de 1x2x 4 varas	142 C\$	
	10 piezas de 1x4x 4 varas	330 C\$	
	7 Reglillas de 1x3 cm x 3 varas	275 C\$	
Plástico	60 Metros ²	90 U\$	90 U\$
Otros Materiales	6 tubos de P V C de ½ pulgada	150 C\$	
	6 varillas de hierro de 3/8 estándar	630 C\$	
	1 libras de clavos de 4 pulgadas	17 C\$	
	3 libras de clavos de 2 1/2 pulga	51 C\$	
	3 libras de clavos de 3 pulgadas	51 C\$	
	1 libra de calvos de 1 1/2 pulgada	20 C\$	
	1 libra de clavos de 1 pulgada	20 C\$	
	13 metros de cedazo para cajilla de 1/8"	650 C\$	
	1 metro ³ de arena	540 C\$	
	5 bolsas de cemento	1000 C\$	
	2 pares bisagras de 3 pulgadas	140 C\$	
	2 pasadores de 4 pulgadas	50 C\$	
	24 bridas doble orejas de ½ pulgada	36 C\$	
	04 docenas clavos para bridas	55 C\$	
Costo total de materiales			350 U\$

Otros gastos del pre-secador

Transporte de materiales a las fincas 50 U\$

Mano de obra para la construcción de los pre-secadores 50 U\$

El costo total del pre-secador es de 450 U\$ dólares.

El tamaño del pre-secador es de 6 x 3 metros, con 12 mts² de cajillas y capacidad para secado de 272.72 kg de pergamino mojado.

La altura máxima de la masa de café dentro de estas cajillas no debe exceder los 4 cm de espesor por lo que por cada metro cuadrado se colocó un máximo de 22.72 kg de café pergamino. (CEDICAFE-Anacafé, 2010)

El pre-secador posee 12 m² de área de secado por lo cual para que el productor posea esta área de secado con el método que el utiliza debería de tener 10 cajillas disponibles, cuyos costos es de 10 U\$ dólares por cajilla por lo que el invertiría 100 U\$ dólares en secado.

Costo marginal del secado en estructuras de pre-secadores tipo domo

El costo marginal de los pre-secadores solares tipo domo es de 350 U\$ Dólares. Dentro de los pre-secadores tipo domo para secar 6 quintales de café pergamino se requiere de 5 días hombre trabajando el cual se encargará del meneado y selección del grano hasta que el grano esté listo para ser trillado.

El pago que se realiza al trabajador es de 60 córdobas por 5 días de trabajo. Costo total 300 córdobas que se incurren en gasto para poder secar totalmente el café. En cuanto a mano de obra no se tiene ninguna disminución en los costos porque el tiempo de secado no disminuyó en comparación a la forma tradicional.

Aunque el costo de invertir en esta tecnología de secado en comparación a la tradicional es mucho mayor esta se pueden reducirse si el pre-secador se elabora con materiales que se pueden encontrar dentro de las fincas.

La construcción y operación de los pre-secadores solares tipo domo es muy simple y no requieren casi nada de mantenimiento, más que la de cambiar la

cubierta de plástico la cual tiene una vida útil de 4 a 6 años aproximadamente. De cualquier manera se recomienda mantenerlo limpio y seco, para que el calor y la luz puedan ser absorbidos correctamente.

Secar utilizando esta nueva tecnología tiene grandes ventajas en comparación a la que utilizan los productores. Ya que dentro de los pre-secadores se protege al café pergamino de las condiciones climáticas como lluvia, viento, humedad, polvo y de las aves caseras como gallinas u otros animales que representan un riesgo de contaminación para los granos de café.

El aspecto de calidad es un factor difícil de medir, ya que por el café con hongos o sobre fermentado, obtenemos un producto de segunda calidad, el productor puede tener pérdidas económicas en su cosecha.

Hay estimaciones que aproximadamente el 15% del café que se cosecha, por efectos de sobre fermentación, mohos, café verde, etc. se clasifica como café de segunda, con un valor del 70% por debajo de café de primera, de exportación.

Así el productor puede tener pérdidas de unos 160 U\$ dólares por qq de café de primera que pasa a segunda calidad por mal manejo de la humedad del grano. Si estimamos que dentro de los pre-secadores se pueden secar bien de 3 a 6 qq de café pergamino por intervalo de tiempo de secado. Este café mantendría su calidad, producto de la mejora en el oreado (esta operación permitiría que el café se puede trasladar a los centros de acopio sin el riesgo de que este se contamine por hongos y moho efecto de la humedad), además que se puede obtener un ingreso extra por mantener calidad de unos 85 U\$ por qq el cual es el precio del café especial sobre el convencional.

IX. Conclusiones

Al finalizar la validación de esta investigación, se concluye que hubo una buena aceptación por parte de los productores de esta nueva tecnología, ya que estos se dieron cuenta de muchas de las ventajas que obtendrán utilizando secadores tipo domo.

Una de las principales ventajas del secador es el tiempo que se minimiza en el manejo del café dentro de las estructuras, ya que se evita estar tapando el café cada vez que va a llover, y el traslado de este ya que por las noches este puede quedar dentro de las estructuras. Además de que dentro de estas estructuras se alcanzan mayores temperaturas que ayudan al secado.

El uso de pre secadores solares ayuda a mantener la calidad del grano y evita cualquier tipo de contaminación cruzada en período de secado o pre secado del café.

Sin embargo se observó que los pre secadores tipo domo evaluados en fincas menores a 1000 Msnm en las zonas de Madrid y Nueva Segovia no disminuyeron significativamente el tiempo de secado de café pergamino en comparación al método que realizan tradicionalmente los productores de estas zonas caficultoras.

Según el análisis de las variables tomadas durante la investigación el pre-secador no obtuvo buenos resultados en cuanto al secado a la forma tradicional, a pesar de que el pre secador obtuvo temperaturas más altas y humedades relativas más bajas que las del ambiente, lo cual es ventajoso para aumentar la velocidad del secado, sin embargo este efecto se afectó por la poca circulación del aire dentro del pre secador.

Al evaluar diferentes volúmenes de carga de café pergamino, 11.36 kg/m² y 22.72 kg/m², encontramos que entre menor es el espesor de café pergamino a secar, mayor va a ser la velocidad de secado

Debido al mal funcionamiento que presentaron los pre-secadores y a las observaciones que se hicieron en cuanto a las ventajas que estos presentan a los productores para la calidad de su café, se concluyó que el costo beneficio que presentaría para los productores que adopten esta tecnología como método de secado se reflejarían en cuanto a competitividad, ya que esto les permitiría mantener la calidad del café evitando riesgos potenciales de contaminación que puedan causar sabores no deseados en la tasa de café.

X. Recomendaciones

Hacer modificaciones al pre secador que faciliten la circulación de aire dentro de este para acelerar el proceso de secado. Estas podrían ser una chimenea o ventanillas en la parte posterior del pre secador para favorecer la eliminación de la humedad del café pergamino al tener mejor circulación de aire dentro de los pre-secadores.

Se recomienda no exceder los volúmenes de carga dentro del pre secador este tiene una capacidad de carga de 6 quintales, también será de mucha ayuda remover el grano cada media hora en días normales en caso que sean días muy soleados se recomienda remover los granos cada 20 minutos para evitar que estos se cristalicen.

La ubicación del secador es de mucha importancia ya lo que puede influir en que este trabaje bien, son las sombras cercanas a la ubicación del secador. Se debe tener cuidado de no construir el secador cerca de barrancos o de barreras vivas lo cual impiden la circulación de aire, lo que es de vital importancia para el secado de café.

XI Bibliografía

- Café arabo. (06 de Octubre de 2010). *Café arabo*. Obtenido de <http://www.cafearabo.com/cafe-robusta-cas.html>
- Café Marcala. (2010). *Secadoras Solares*. La Paz, Marcala, Honduras.
- CEDICAFE-Anacafé. (2010). *cafeycafe.org*. Recuperado el 23 de Febrero de 2011, de cafeycafe.org: www.cafeycaffe.org/web/index.php?option=com
- Centro de Investigaciones de Energía Solar. (2003). SECADO DE CAFÉ PERGAMINO EN SECADORES SOLARESMULTIPROPÓSITO Y DE TAMBOR ROTATORIO. *TECNOLOGÍA QUÍMICA* , 12.
- COFENAC. (14 de Septiembre de 2010). *Beneficio humedo de café*. Portoviejo, Portoviejo, Ecuador.
- Éxito empresarial: sistematización de experiencias de pequeños productores de café en CentroaméricaNicaragua
- FAO. (1993). *ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION* . Recuperado el 02 de Septiembre de 2011, de <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S05.htm>
- Fundación Manuel Mejía. (2010). *Aseguramiento de la calidad del café en la finca*. http://fmm.nivel7.net/uploads/media/ACC_SecadoYDefectos.pdf (1ª edición). Colombia.
- Gehaka G600. (2010). *gehakag600.br*. Recuperado el 25 de Enero de 2011, de [gehakag600.br](http://www.pfstar.com/Gehaka-G600-Moisture-Tester_p_28740.html): http://www.pfstar.com/Gehaka-G600-Moisture-Tester_p_28740.html
- hygrometer testo 608-H1. (2010). *www.testo.com*. Recuperado el 25 de Enero de 2011, de www.testo.com: <http://www.testo.com/online/abaxx-?%24part=PORTAL.INT.SimpleContentDesk%26%24sevent=show-from-menu%26categoryid=52731729>

- infoagro.net. (07 de Octubre de 2010). *www.infoagro.net*. Recuperado el 25 de Febrero de 2011, de *www.infoagro.net*: <http://www.infoagro.com/herbaceos/industriales/cafe.htm>
- Microsoft Encarta. (2007). Generalidades del café. Esteli, Esteli, Nicaragua.
- Revista El HIGO. UNI-Norte. (2009). Poscosecha de café. Fermentación y secado solar de café pergamino en fincas de pequeños productores de San Rafael del Norte, Nicaragua. *El Higo* , 1, 40.
- SECAFÉ Parte II: Recomendaciones para el manejo eficiente de los secadores mecánicos de café pergamino *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 7
- Soriano, V. M. (Septiembre de 2003). Aprovechamiento de la energía solar para el secado de café. Mexico.
- Virgilli, F. d. (2000). *www.quimica.urv.es*. Recuperado el 2011, de *www.quimica.urv.es*: <http://www.quimica.urv.es/~w3siiq/DALUMNES/99/siiq51/Seca.html>

XII. Anexos:

12.1 Modo de uso del probador de humedad (Gehaka G600)

- Primero se enciende el equipo y se programa para que lea la humedad del café pergamino.
- Después se tara (pesa) una muestra de 142 gramos de café pergamino.
- Luego se vierte la muestra pesada por la parte de arriba del equipo dentro de la tolva de este el cual nos dirá la humedad del grano.
- Por último se descarga la muestra por la parte baja del equipo y se espera un tiempo para que este pueda leer otra muestra.

Imagen del provador se humedad que usamos .



12.2 Hojas de tomas de datos

12.2.1 Datos del pre secador, finca El cedro, de Luis Emilio Betanco Erazo.

PROYECTO "EVALUACIÓN DE PRE-SECADORES CAFÉ PERGAMINO"
(CAFENICA-LWR)

FECHA: 78/07/2077

NOMBRE ORGANIZACIÓN: Cafenica NOMBRE COOPERATIVA: Pvocosev
 NOMBRE PRODUCTOR: Luis Emilio Betanco Erazo NOMBRE FINCA: El Cedro
 DEPARTAMENTO: Nueva Segovia MUNICIPIO: Jalapa
 COMARCA: El Trapiche COMUNIDAD: El Trapiche
 MUESTRAS PRE SECADOR: _____ TOMADA POR: _____

No.	Hora Datos	Temp o C	H. R. (%)	Tratamiento 1		Tratamiento 2	
				Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)	Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)
1	9am	26.4	67.8	25	43.9	50	42.6
2	10am	27.5	62.4		47.6		42.5
3	11am	29.6	53.7		41.3		47.6
4	12M.D	32.3	56.7	23	47.3	49	47.5
5	1PM	28.3	65.5		47.3		47.5
6	2PM	27.3	68.5		42.7		42.5
7	3PM	29.9	62.8		42		42.6
8	4PM	27	68	23	47.9	49	42.3
8	7am	29	93.3	23	41.5	49	43.6
9	8am	25.9	73.5		47.3		43.9
10	9am	29.3	53.7		40.7		42.6
11	10am	33.1	54		39.5		47.8
12	11am	29.7	59.6		39.8		41.7
13	12M.D	29.7	58.1	22	39.2		47.5
14	1PM	34.7	50.2		39.8		47.2
15	2PM	33.2	53		38.7		40.9
16	3PM	28.9	60.7	21	36.3	44	47.3
16	8am	27.1	71	21	37.5	44	40.3
17	9am	30.6	68.6		35.4		38.9
18	10am	34	63.3		35		37.6
19	11am	39.2	54.7		34.4		37
20	12M.D	36.1	40.3	20	34	43	36.9
21	1PM	41	85		33.5		37.7
22	2PM	48.9	20.5		30.8		35.4
23	3PM	40.7	35.3		30.2		34.7
24	4PM	34	45	20	30	41	33.9
24	9am	30.5	65.5	20.4	37	47.4	34.4
25	10am	33.2	56.4		30.7		33.2
26	11am	44.1	37.9		29		32.9
27	12M.D	46	32	19	24.4	47	32.3
28	1P.M	47	37.4		26.3		37.5

PROYECTO "EVALUACIÓN DE PRE-SECADORES CAFÉ PERGAMINO"
(CAFENICA-LWR)

FECHA: 18/07/2017

NOMBRE ORGANIZACIÓN: Cafenica NOMBRE COOPERATIVA: Procasev
 NOMBRE PRODUCTOR: Luis Emilio Betanco Evaso NOMBRE FINCA: El Cedvo
 DEPARTAMENTO: Nueva Segovia MUNICIPIO: Jalapa
 COMARCA: El Trapiche COMUNIDAD: El Trapiche
 MUESTRAS PRE SECADOR: TOMADA POR:

No.	Hora Datos	Temp oC	H. R. (%)	Tratamiento 1		Tratamiento 2	
				Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)	Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)
29	2PM	40.5	32.5	19	26		31.2
30	3PM	40.4	20.1		25.5		30.7
31	4PM	37.9	38.8		24.9		29
32	5PM	28.6	47.7	19	25	38	29.4
32	8am	23.3	8.3	18	27	36	37.6
33	9am	24.3	8.2		25.6		29.6
34	10am	26.2	73.8		25.8		29.8
35	11am	28	70.3		26	36	28.4
36	12am	32	55	17	24	36	28

Datos del testigo, 50 Lb/m² fuera del pre secador, finca El Cedro.

PROYECTO "EVALUACIÓN DE PRE-SECADORES CAFÉ PERGAMINO"
(CAFENICA-LWR)

FECHA 18 / 07 / 2011

NOMBRE ORGANIZACIÓN: Cafénica NOMBRE COOPERATIVA: Pvo Co Sev

NOMBRE PRODUCTOR: Luis Emilio Betanco Evas NOMBRE FINCA: El Cedro

DEPARTAMENTO: Nueva - Segovia MUNICIPIO: Jalapa

COMARCA El Trapiche COMUNIDAD: El Trapiche

MUESTRA PRODUCTOR _____ TOMADA POR: _____

Tratamiento 3					
No.	Hora Datos	Temperatura °C	Humedad Relativa (%)	Peso Café (lbs)	Humedad Café (%)
1	10am	25.8	67.7	50	
2	11am	27.7	57.5		
3	12M	26.7	62.6	47	47.7
4	1PM	27.7	60.3		47.8
5	2PM	25	70.6		47.6
6	3PM	24.9	70.7		47.5
7	4PM	26.4	64.9	47	47.6
7	7am	29.3	93.4	47	47.9
8	8am	27	78.6		47.7
9	9am	25.9	65.7		47
10	10am	29.5	55.2		40.3
11	11am	27.9	67.6		39.8
12	12MD	27.7	60.5	46	39.8
13	1PM	28.7	60.7		39
14	2PM	29.7	56		38.3
15	3PM	28.5	60.7	46	37.7
15	8am	20.6	86.5	46	36.8
16	9am	26.7	77.9		35.4
17	10am	29.7	67.2		34.5
18	11am	30.4	50.8		34
19	12M.D	37.2	38.8	45	32.6
20	1PM	36.8	37.4		32.7
21	2PM	27.7	55.3		37
22	3PM	33	38.7		30.7
23	4PM	30	45.2	40	37
23	9am	23.5	76	40	37
24	10am	28	67		29
25	11am	39.7	35.2		28
26	12M.D	34.8	43.7	39	27
27	1PM	30	50.7		26.7
28	2PM	33.2	46.7		26.3

PROYECTO "EVALUACIÓN DE PRE-SECADORES CAFÉ PERGAMINO"
(CAFENICA-LWR)

FECHA: 28/07/2017

NOMBRE ORGANIZACIÓN: Cafenica NOMBRE COOPERATIVA: Pvocosev
NOMBRE PRODUCTOR: Luis Emilio Betanco Evaso NOMBRE FINCA: El Cedro
DEPARTAMENTO: Nueva Segovia MUNICIPIO: Jalapa
COMARCA: El Trapiche COMUNIDAD: El Trapiche
MUESTRA PRODUCTOR: TOMADA POR:

No.	Hora Datos	Temperatura oC	Humedad Relativa (%)	Tratamiento 3	
				Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)
29	3PM	34.9	37.6		24.8
30	4PM	32	39.9		24
31	5PM	24.2	57.3	32	24.4
37	8am	27.3	84.4		25.5
32	9am	22.3	84.3		25.5
33	10am	24	57		26
34	11am	23	75.7		25
35	12M.D	27	68	32	25

12.2.2 Datos pre secador, finca El Sentido, José Aquiles Espinoza Fortín.

PROYECTO "EVALUACIÓN DE PRE-SECADORES CAFÉ PERGAMINO"
(CAFENICA-LWR)

FECHA: 07 / Dic / 70

NOMBRE ORGANIZACIÓN: UCPCO NOMBRE COOPERATIVA: Pablo Velazquez
 NOMBRE PRODUCTOR: Jose Aquiles Espinoza NOMBRE FINCA: El Sentido
 DEPARTAMENTO: Madriz MUNICIPIO: S. J. R. C
 COMARCA: Balsamo COMUNIDAD: Balsamo Centvo
 MUESTRAS PRE SECADOR: _____ TOMADA POR: _____

No.	Hora Datos	Temp o C	H. R. (%)	Tratamiento 1		Tratamiento 2	
				Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)	Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)
1	11Am			25		50	
2	1PM	37	46.7	25	42.6	50	42.9
3	2PM	50	27.6	25	41.6	50	42.7
4	3PM	37.1	47.7	25	40	50	41.1
5	5PM	22.2	62.8		40.8		41
5	7am	23.4	77.4	22.5	40	47	42.5
6	8am	25.8	70.9		39.3		47.5
7	9am	36.5	46.6	22.5	38.2	47	40.3
8	11am	37.3	53.3		37.9		39.4
9	12MD	34.3	54.9		36.5		39.5
10	2PM	40.1	40.3	22	35.6	46	38.6
11	3PM	29.3	54.6		35.2		38.7
12	4PM	23.1	72.6		36		37.6
12	8am	27.5	66.4	27	38.5	45	47.4
13	9am	36.7	48.8		36.6		40.6
14	10am	46.6	37.9		34.8		39.7
15	11am	49.5	28.8	20	33.4	44	36.4
16	12MD	48.4	37.7		32.3		36.3
17	1PM	35	39.6		31.7		36.9
18	2PM	38.1	30.7	19.5	31.4	42.5	35.5
18	7am	25	60	19	32.2	42	36.7
19	8am	28.3	59.1		37.2		35.2
20	9am	24.6	87.8		29.8		35.7
21	10am	29.9	57.7	18.5	28.4	41	32.5
22	11am	36.2	51		27.9		37.2
23	12MD	38	45.7		26.7		30.5
24	1PM	39	37.9	17	25.3	39	29.4
25	2PM	38.2	37.8		25		29.4
26	3PM	37.9	63.7		24		28.6
27	4PM	23	64		24.8		29.7
27	7am	24.6	66.8	16.5	26	38	32

Datos del testigo, 50 Lb/m² fuera del pre secador, finca El Sentido.

PROYECTO "EVALUACIÓN DE PRE-SECADORES CAFÉ PERGAMINO"
(CAFENICA-LWR)

FECHA: 07 / Dic / 70

NOMBRE ORGANIZACIÓN: UCPCO NOMBRE COOPERATIVA: _____
 NOMBRE PRODUCTOR: Jose Aguilera Espinoza NOMBRE FINCA: El Sentido
 DEPARTAMENTO: Madriz MUNICIPIO: S.I.R.C
 COMARCA: Balsamo COMUNIDAD: Balsamo Centro
 MUESTRA PRODUCTOR _____ TOMADA POR: _____

No.	Hora Datos	Temperatura oC	Humedad Relativa (%)	Tratamiento 3	
				Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)
1	11am			50	
2	1PM	28.3	43.3		42.7
3	2PM	29.4	38.7		47.5
4	3PM	29.9	39.8		42.7
5	5PM				47.6
5	7am	19.6	77	47.5	42.7
6	8am	22.6	67.7		47
7	9am	26	53.7	47.5	40.6
8	11am	24.9	58.7		39.7
9	12M.D	22.6	65.7		40.3
10	2PM	27.7	50.9		37.9
11	3PM	24.8	60.7	46.5	38.2
12	4PM	27.2	75.3		37.9
12	8am	17.5	88	46	38.8
13	9am	20.5	73.7		38.4
14	10am	27.9	68.7		35.4
15	11am	26	47.7	45.5	35.4
16	12MD	22.5	59.8		34.9
17	1PM	28.7	38.6		33.5
18	2PM	30.5	33.8	45	32.7
18	7am	14.6	75.3	44.5	35.5
19	8am	17.2	73.6		33.4
20	9am	18.8	65.9		32.8
21	10am	20.2	64.7	44	29.7
22	11	27.6	57.2		30.1
23	12 M	22.7	55.7		28.5
24	1PM	24.7	54.2	43	28.9
25	2PM	24.3	55		28
26	3PM	22.5	58.7		27.2
27	4PM	22	64.7	43	27.5
27	7am	18.4	83.8		37.5

12.2.3 Datos pre secador, finca El Ojo de Agua, Claudio Hernández V.

PROYECTO "EVALUACIÓN DE PRE-SECADORES CAFÉ PERGAMINO"
(CAFENICA-LWR)

FECHA: 03/12/2070

NOMBRE ORGANIZACIÓN: UCPCO NOMBRE COOPERATIVA: Renovio Antonio Tijerina

NOMBRE PRODUCTOR: Claudio Hernández V NOMBRE FINCA: El Ojo de agua

DEPARTAMENTO: Madriz MUNICIPIO: San Juan de los rios

COMARCA: Samakanda COMUNIDAD: Samakanda

MUESTRAS PRE SECADOR _____ TOMADA POR: _____

No.	Hora Datos	Temp o C	H. R. (%)	Tratamiento 1		Tratamiento 2	
				Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)	Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)
1	8am	22	72.5	25		50	
2	12MD	45.8	32.8	22	42.2	48	42.5
3	1PM	35.9	48.7		47.8		42.4
4	2PM	36.5	47		47.7		42.2
5	3PM	29.7	59.3		40.9		42.7
6	4PM	27.7	75.4		47		43.5
6	8am	27.7	83.4		42.4		47.7
7	9am	36.6	57.3		39.6		40.6
8	10am	46.8	30		39.2		47.2
9	11am	48.8	28.2	27.5	38.4	45	40
10	12MD	36.6	45.2		36.3		39.7
11	1PM	35.8	46.4		36.7		39.6
12	2PM	33.6	47.5	20	32.8	45	38.4
13	3PM	29	66.6		33.8		39.7
13	8am	22.7	77.6		35.9		38
14	9am	28.3	63		35		37
15	10am	33.7	52.2	20	32.7	44	36

12.2.4 Datos pre secador, finca El Refugio, Manuel de Jesús Sevilla.

PROYECTO "EVALUACIÓN DE PRE-SECADORES CAFÉ PERGAMINO"
(CAFENICA-LWR)

FECHA: 26 / ENE / 11

NOMBRE ORGANIZACIÓN: UCOSEMUM NOMBRE COOPERATIVA: 20 de Abril

NOMBRE PRODUCTOR: Manuel de Jesús Sevilla NOMBRE FINCA: La única

DEPARTAMENTO: Nueva Segovia MUNICIPIO: Niwili

COMARCA: El Refugio COMUNIDAD: El Refugio

MUESTRAS PRE SECADOR

TOMADA POR:

No.	Hora Datos	Temp oC	H. R. (%)	Tratamiento 1		Tratamiento 2	
				Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)	Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)
1	3PM	37.1	38.1	25		50	
1	5PM	23.7	87.9		42.9		
2	9am	22.8	82.4	24	42.7	48.5	42.7
3	10am	22.2	85.4		40.7		40.9
4	11am	27.9	64.9		47.4		47.4
5	12M.D	30.4	58.3	23	42.2	48	42.5
6	1PM	34.7	48.5		47.7		40.7
7	2PM	37.6	55.2		47.1		47.4
8	3PM	29.6	60.7	23	47.5	48	47.7
8	8am	23.4	80.3		40.2		43.2
9	9am	25.3	84	22	39.5	47.5	47.7
10	10am	35	57.2		40.8		47.4
11	11am	33.2	57.8		40.3		40.8
12	12M.D	30.6	58.4	20.5	39.4		40.8
13	1PM	37.6	53		38.3		40.6
14	2PM	27.7	67.5		38.1		40.3
15	3PM	27.2	59.7		38		40.7
15	8am	27.5	84.5		37.4		40.4
16	9am	23.2	78.4		36		39.4
17	10am	27.7	72.7	20	34.9	46	37.9

Datos del testigo, 50 Lb/m² fuera del pre secador, finca El Refugio.

PROYECTO "EVALUACIÓN DE PRE-SECADORES CAFÉ PERGAMINO"
(CAFENICA-LWR)

FECHA: 26 /ENE/ 11

NOMBRE ORGANIZACIÓN: UCOSEMUM NOMBRE COOPERATIVA: 20 de Abril

NOMBRE PRODUCTOR: Manuel de Jesus Sevilla NOMBRE FINCA: La Unica

DEPARTAMENTO: Nueva Segovia MUNICIPIO: Niwili

COMARCA: El Refugio COMUNIDAD: El Refugio

MUESTRA PRODUC TOR: TOMADA POR:

No.	Hora Datos	Temperatura oC	Humedad Relativa (%)	Tratamiento 3	
				Peso Café (Lbs)	Humedad Café (%)
1	3PM			50	
1	5PM	27.5	63.4		43.3
2	9am	20.9	83.3	48	43
3	10am	20.5	86.3		42.4
4	11am	27.3	84.7		47.9
5	12M.D	25.2	70.8	47	42.5
6	1PM	28.7	56.8		42.5
7	2PM	25.8	63.5		42
8	3PM	25.7	66.3	47	47.9
8	8am	14.4	87.7		42.3
9	9am	27.9	78.7	46	40.7
10	10am	26.6	67.9		47.5
11	11am	27.7	56.6		40.7
12	12M.D	26.3	58.9	46	40.4
13	1PM	28	52.6		40.7
14	2PM	27	55.8		39.8
15	3PM	25.6	58.8		39.7
15	8am	18.7	93.4		39
16	9am	19.9	86.3		38.4
17	10am	27.3	78.5	44	37

**12.3 Imágenes de las fincas donde se llevó a cabo la investigación.
Pre-secadores en construcción.**





Ensayo dentro del pre secador.



Secador funcionando a su máxima capacidad de carga.



Forma tradicional de secado en fincas.



Estudiantes midiendo variables de investigación.



Midiendo la humedad del café pergamino.

