

**Evaluación de tres métodos de almacenamiento  
de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto en  
los atributos de la calidad del grano**

**Mateo Blandón Silva**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2010

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

# **Evaluación de tres métodos de almacenamiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto en los atributos de la calidad del grano**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado  
Académico de Licenciatura

Presentado por

**Mateo Blandón Silva**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2010

# **Evaluación de tres métodos de almacenamiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto en los atributos de la calidad del grano**

Presentado por:

Mateo Blandón Silva

Aprobado:

---

Edward Moncada, M.A.E.  
Asesor principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Carrera de Agroindustria Alimentaria

---

Juan Carlos Rosas, Ph.D.  
Asesor secundario

---

Raúl Espina, Ph.D.  
Decano Académico

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## RESUMEN

Blandón, M. 2010. Evaluación de tres métodos de almacenamiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y su efecto en los atributos de la calidad del grano. Proyecto de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 28p.

El frijol es una leguminosa cuyo grano es una fuente proteica de gran importancia en la dieta alimenticia de la población de bajos recursos económicos. El tiempo de cocción del grano es uno de los factores de decisión de compra más importante en nuestros países. Con este estudio se determinó cual método de almacenamiento repercutía menos en los atributos de calidad de frijol durante 120 días. Se utilizaron tres métodos de almacenamiento, bodega (30.3°C promedio), cuarto frío (18.3°C promedio) y la nueva tecnología de PVC flexible denominada Cocoon® (29.1°C promedio). Se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo. Cada tratamiento tenía tres estibas y los muestreos se realizaron con intervalos de 15 días durante 120 días. Se realizó análisis del grano incluyendo humedad, daño total, tiempo de cocción, color y los valores L\*(luminosidad), a\* (Intensidad de rojo) y b\*(amarillo) del Colorflex. En los métodos de almacenamiento en Cocoon® y bodega hubo un descenso de humedad del grano durante el estudio; mientras que la humedad del grano en el cuarto frío aumento. Se presentó una correlación positiva entre el tiempo de cocción y el tiempo de almacenamiento, y de los daños totales en la bodega y Cocoon®. Para determinar el tiempo óptimo de almacenamiento, se generó una ecuación de regresión lineal para cada método, sustituyendo el intercepto con 130 minutos y despejando para la variable X. Cuarto frío ( $y = 0.1944x + 87.222$ ), bodega ( $y = 0.2556x + 91.333$ ) y Cocoon® ( $y = 0.2556x + 87.444$ ). En el cuarto frío fué posible un almacenamiento en mayor número de días (220 días), que conservara las características de calidad en función del tiempo de cocción máximo recomendado (130 minutos). El método de almacenamiento en Cocoon® presentó el menor costo de almacenamiento (L. 5.82 /quintal).

**Palabras clave:** Cocoon®, daño total, humedad del grano, tiempo de cocción.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros y figuras.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>4</b>
<b>3 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>8</b>
<b>4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>5 CONCLUSIONES .....</b>	<b>25</b>
<b>6 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>26</b>
<b>7 BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>27</b>

## ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS

Cuadro		Página
1.	Tiempo seguro de almacenamiento en función de las diferentes temperaturas y el contenido de humedad de los granos.....	7
2.	Separación de medias Duncan para el porcentaje de humedad en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol.....	13
3.	Separación de medias Duncan para el tiempo de cocción en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol. ....	14
4.	Separación de medias Duncan para el total de grano dañado en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol.....	16
5.	Separación de medias Duncan para el valor ( $L^*$ ) en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol. ....	18
6.	Separación de medias Duncan para el valor ( $a^*$ ) en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol. ....	19
7.	Separación de medias Duncan para el valor ( $b^*$ ) en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol. ....	20
8.	Correlaciones entre el tiempo de cocción versus humedad del grano, daño total claridad $L^*$ , rojo $a^*$ y amarillo $b^*$ . ....	21
9.	Días óptimos de almacenamiento de grano para garantizar el tiempo de cocción recomendado en cada método de almacenamiento.....	23
10.	Costo de almacenamiento de un quintal de frijol durante 120 días en cada método de almacenamiento. ....	24

Figura		Página
1.	Efecto del contenido de humedad en el grano de fríjol en los tres tratamientos de almacenamiento con relación al tiempo en días. ....	12
2.	Efecto del tiempo de cocción en el grano de frijol en los tres tratamientos de almacenamiento con relación al tiempo en días. ....	14
3.	Efecto del total de grano dañado en el frijol en los tres tratamientos de almacenamiento con relación al tiempo en días. ....	15
4.	Análisis del valor ( $L^*$ ) del frijol en los tres tratamientos de almacenamiento de grano durante 120 días.....	17
5.	Análisis del Valor ( $a^*$ ) del frijol en los tres tratamientos de almacenamiento de granos durante 120 días. ....	18
6.	Análisis del Valor ( $b^*$ ) del frijol en los tres tratamientos de almacenamiento de granos durante 120 días. ....	20

7. Aumento del tiempo de cocción en los tres métodos de almacenamiento de frijol con relación a los 120 días de almacenamiento.....	23
8.	

## 1. INTRODUCCIÓN

Honduras, al igual que los países de Mesoamérica, tiene una cultura arraigada sobre costumbres gastronómicas que han diferenciado a estos países del resto del continente, por lo que impera una producción agrícola de granos básicos, siendo el frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) una de las principales fuentes de proteína. No obstante, esta producción está en manos de pequeños agricultores que tienen poca capacidad instalada, uso limitado de tecnología y conocimiento que les permitan ser más eficientes y tener mejores índices de productividad. Honduras tiene una producción de frijol 620 Kg/Ha inferior a la de los EE.UU con 1880 Kg/Ha. (Rosas 2003). Esto representa una amplia posibilidad de mejora desde el punto de vista de productividad, sin embargo uno de los principales problemas que enfrentan los agricultores de este país, es el manejo inapropiado del grano lo cual, les genera pérdidas pos-cosecha (6-8) % del grano almacenado. Si lo extrapolamos con la producción anual del país, para el 2000 esta pérdida fue de 85,108 TM (Cotty et al. 2001) lo que representa una pérdida monetaria de millones de lempiras.

Existen varias alternativas que se han desarrollado para reducir las pérdidas pos-cosecha, específicamente en el almacenamiento de grano de frijol; que implican desde establecer ciclos de producción controlados que permitan hacer las labores de cosecha en la época seca, para reducir humedad en el grano, hasta la utilización de sistemas de ventilación asistida que permitan secar el grano para almacenarlo en silos.

El almacenamiento de grano es indispensable ya que estos generalmente permanecen por un periodo largo de tiempo almacenados y es necesario contar con condiciones idóneas que permitan mantener la calidad del grano por más tiempo.

El almacenamiento hermético de PVC flexible denominado Cocoon® es un tecnología que permite almacenar el grano durante largos periodos de tiempo manteniendo los atributos de calidad del grano durante todo el almacenamiento. El paso de oxígeno hacia el Cocoon® es limitado lo que ocasiona una disminución en el metabolismo del grano manteniendo los atributos de calidad garantizando la nula presencia de insectos debido a la usencia de oxigeno.

## **1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

El tiempo de cocción en frijol es considerado uno de los factores más importantes para determinar el precio del mismo. Los agricultores tienden a almacenar sus cosechas en lugares donde la humedad del ambiente no afecte los atributos de calidad del grano. Los lugares predominantes donde se realiza el almacenamiento de frijol son las bodegas a temperatura y humedad relativa del ambiente. El problema de esto es que muchos agricultores pequeños no tienen la capacidad económica para construir bodegas, por lo tanto al final del almacenamiento deben disminuir el precio de venta debido al descenso de los parámetros de calidad afectando obviamente su rentabilidad.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

El presente estudio permitirá determinar el comportamiento de los atributos de calidad sobre todo el tiempo de cocción del grano almacenado en bodega con temperatura ambiente, bodega con temperatura controlada y la nueva tecnología de PVC flexible denominada Cocoon ®.

## **1.3 LIMITES DEL ESTUDIO**

- El tiempo del estudio se limitó a 120 días de almacenamiento.
- La toma de muestras para cada tratamiento fue cada 15 días.
- El intervalo de muestreo para determinar el tiempo de cocción del grano fue cada 5 minutos.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Evaluar tres métodos de almacenamiento de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y su efecto en los atributos de la calidad del grano.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la calidad del grano almacenado bajo tres métodos de almacenamiento mediante muestreos cada 15 días durante 120 días.
- Realizar una correlación entre los resultados de los análisis físicos y determinar los efectos de los métodos de almacenamiento en tiempo de cocción del frijol rosado Seda.
- Determinar mediante una ecuación lineal, el tiempo óptimo de almacenamiento en los tres métodos utilizados en el estudio con base en el tiempo de cocción.
- Realizar un análisis de costos de los tres métodos de almacenamiento de grano.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 EL FRIJOL A NIVEL MUNDIAL**

Según la FAO (2008), la producción de frijol en el mundo se concentra en 129 países de los cinco continentes. Entre 1961–2007 se produjo en promedio poco menos de 15 millones de toneladas al año, lo que constituye una tasa media de crecimiento anual de 1.16% durante dicho lapso. Entre los países productores de esta leguminosa de grano se destacan por orden de importancia India con 18.49%, Brasil con 16.55%, China con 11.47%, Estados Unidos con 6.84%, y México en quinto lugar con un 6.80%. Estas naciones, junto con Myanmar, contribuyeron con el 63.86% del total producido. Sin embargo, hay que tener en cuenta que estos datos incluyen otros granos además del frijol común.

El frijol es una leguminosa cuyo grano es una fuente de alimentación proteica de gran importancia en la dieta alimenticia de la población de bajos recursos económicos. Este grano contiene 22% de proteínas de alta digestibilidad; también es un alimento de alto valor energético, ya que contiene alrededor de 70% de carbohidratos totales.

### **2.2 SIEMBRA DE FRIJOL EN CENTRO AMERICA**

El frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) es la fuente principal de proteína para las familias de bajos ingresos en Centro América y el Caribe. El frijol se siembra a través de la región utilizando varios sistemas de producción. Anualmente se siembran en Centro América > 500,000 ha de frijol (Rosas 2002).

Hay diferentes épocas de siembra de frijol en Centro América.

- La primera siembra se inicia con la llegada de las lluvias en mayo y junio.
- La segunda se realiza al final de la época de lluvias en agosto y septiembre.
- Existe una siembra de apante durante los meses de noviembre y diciembre en las zonas húmedas de Centro América (Rosas 2002).

### **2.3 ALMACENAMIENTO DE FRIJOL**

El almacenamiento es la fase del sistema de operación en la cual los productos se conservan de manera apropiada para garantizar la seguridad alimentaria de las poblaciones fuera de los periodos de producción agrícola.

Los productos destinados al almacenamiento pueden presentar características que no permitan su admisión inmediata en el almacén. En efecto, un excesivo grado de humedad, o la presencia de insectos e impurezas, pueden comprometer una conservación de calidad y de larga duración de los productos. Durante el tiempo de almacenamiento, hay que controlar el estado de conservación de los productos. Para ello, hay que realizar mediciones periódicamente de humedad, presencia de insectos, temperatura, y humedad relativa, entre otros.

El grano que se quiere almacenar debe de estar a una humedad de 12-13%, a fin de asegurar su buena conservación durante el almacenamiento. Los pequeños productores logran secar su grano exponiéndolo al sol ya que los sistemas artificiales aumentan los costos. La mayoría de los pequeños productores almacenan en sacos en lugares secos. El uso de silos metálicos brinda buenos resultados a los agricultores (Rosas 1998).

## **2.4 NORMAS DE CALIDAD**

El conocimiento o la determinación de la calidad de los granos están relacionados con el uso final de los mismos. Las exigencias de calidad que demandan las distintas aplicaciones que pueden tener los granos son muy diferentes (FAO 1996).

Para determinar la calidad del frijol variedad Seda durante los días que estuvo almacenado para cada tratamiento, se tomó en cuenta los valores establecidos por Zamorano de acuerdo al porcentaje de daños totales, tal como se muestra a continuación:

- CA 1 = Total de daño 0 - 0.5%
- CA 2 = Total de daño 0.5 - 1.1.0%
- CA 3 = Total de daño 1.1 - 3.5%
- CA 4 = Total de daño 3.6 - 5.0%
- SM = Total de daño > 5.1%

## **2.5 TIEMPO DE COCCIÓN**

El tiempo de cocción constituye uno de los parámetros de calidad más importantes en el grano de frijol, y se define como el tiempo requerido para que por lo menos el 90% de los granos de la muestra sometidos a la prueba de cocción, alcancen su cocimiento.

Además del tiempo de cocción, la calidad del grano de frijol es determinada por la variedad, manejo agronómico, condiciones del cultivo y posteriormente, de almacenamiento del grano. Los cambios pos-cosecha más frecuentemente observados, son el oscurecimiento, también llamado “oxidación”, de los granos de testa clara, y el endurecimiento, que a la vez provoca el aumento de su tiempo de cocción. Tanto la oxidación como el endurecimiento, son ocasionados principalmente por el tiempo prolongado de almacenamiento o por condiciones inadecuadas en el almacén (Liu 1995). La dureza puede ser también de origen genético. Se conocen dos factores que pueden

causar una cocción lenta o deficiente; la “testa dura”, que describe un estado físico en el cual las semillas son incapaces de embeber suficiente agua, debido a la impermeabilidad parcial de la testa; y la “dureza a la cocción” que se refiere a la textura del cotiledón, la cual induce mayor tiempo de cocción (Liu 1995; Reyes y Paredes 1993).

Se define como frijol cocido a los granos que se oprimen con facilidad y presenten una consistencia pastosa, suave, que vaya desde fina hasta ligeramente grumosa. Aquellos granos que al oprimirse entre dedos, sus cotiledones escapen o fraccionen en pedazos no grumosos, se toman como no cocidos (Arias 2002).

## 2.6 COLOR

El color es la sensación producida por los rayos luminosos al impresionar los órganos visuales (ojos) en función de la longitud de onda. Es un fenómeno físico-químico asociado a las infinitas combinaciones de la luz, relacionado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético, que perciben las personas y animales a través de los órganos de la visión, como una sensación que nos permite diferenciar los objetos con mayor precisión. Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes (Cabrera 2007).

Los colores se clasifican en primarios, secundarios, terciarios y cuaternarios. Por medio de mezcla podemos obtener todos los colores excepto los primarios, que tienen la característica que no se pueden sacar a partir de otros. De la mezcla de dos primarios se obtiene los secundarios, de combinar un primario con el secundario más cercano salen los terciarios y de la mezcla de un secundario con un terciario los cuaternarios.

El Colorflex® Hunter  $L^*a^*b^*$  es un espacio de color rectangular de 3-dimensiones basadas en la Teoría de los Colores-Opuesto.

- Eje “L” (luminosidad) - 0 es negro, 100 es blanco.
- Eje “a” (rojo-verde) - los valores positivos son rojos; los valores negativos son verdes y 0 es neutro.
- Eje “b” (azul-amarillo) – los valores positivos son azules; los valores negativos son amarillos y 0 es el neutro (Hunterlab 2000).

## 2.7 HUMEDAD

La humedad es el factor de mayor influencia en la conservación de granos y semillas de frijol durante el almacenamiento. Su importancia radica en su relación con factores biológicos de deterioro, su valor nutricional y económico (calidad y peso). Las plagas que atacan al frijol son menos atraídas al grano cuando este contiene porcentajes de humedades bajos. El deterioro del grano que presenta porcentaje de humedad alto es muy rápido y puede ocasionar hasta pérdidas del 100% del lote (Cabrera 2007).

El grano es un producto higroscópico, la humedad del ambiente denominada humedad relativa y la temperatura afectan su contenido de humedad. Para prevenir que el grano absorba humedad del medio ambiente es recomendable realizar un secado garantizando los porcentajes óptimos (12-13%) y almacenarlo en recipientes cerrados que prevengan la libre entrada de la humedad.

## 2.8 TEMPERATURA

El contenido de humedad, la temperatura, los hongos, los insectos, las impurezas presentes en la masa de granos, los daños físicos y los roedores son factores que influyen en su conservación durante el almacenamiento. De estos factores, los principales que influyen en el deterioro de los granos son la temperatura y el contenido de humedad. En general, mientras más seco y frío se conserva el grano durante el almacenamiento, mayor será el periodo que permanecerá en buenas condiciones (Arias 1993).

Cuadro 1. Tiempo seguro de almacenamiento en función de las diferentes temperaturas y el contenido de humedad de los granos.

Temperatura del grano (°C)	Contenido de Humedad (% base húmeda)							
	14	15,5	17	18,3	20	21,5	23	
					<u>Días</u>			
10,0	256	128	64	32	16	8	4	
15,5	128	64	32	16	8	4	2	
21,1	64	32	16	8	4	2	1	
26,6	32	16	8	4	2	1	0	

Fuente: Arias (1993).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO**

El estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”, específicamente en el Laboratorio de Granos y semillas (CITESGRAN) y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano ubicada en el Valle del Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán a 30 Km. de Tegucigalpa, Honduras, ubicado a 14° latitud norte y 87° longitud oeste, con una precipitación de 1100 mm por año y a una altura de 800 msnm.

#### **3.2 MATERIALES Y EQUIPO**

- Homogeneizador de granos
- Medidor de humedad para muestras de 250 g (SAMAP-0-TEST) probador de humedad “Mottomco”
- Cribas marca “Seedburo”
- Colorímetro Colorflex Hunter L\*a\*b\* Reston, VA.
- Cribas marca “Seedburo”
- Higrómetro
- Termómetro
- Cronómetro
- Estufa de gas 4 hornillas marca Tropigas
- Balanza digital
- Tres ollas de aluminio (ANA) con capacidad de 2.5

#### **3.3 METODOLOGÍA**

##### **3.3.1 Métodos**

La duración del estudio fue de 120 días. Se realizaron nueve tomas de datos con intervalo de 15 días, partiendo del día 0 hasta el día 120 de almacén en los tres ambientes diferentes. Cada toma de muestras fue aleatoria de acuerdo al diseño experimental y estuvo acompañada de los análisis físicos de cada tratamiento. La calidad del frijol rosado Seda al día 0 fue Centro América 3 (normas de calidad de Zamorano), con una humedad inicial de 13.48%, tiempo de cocción de 90 minutos y daños totales del 2.68%.

### **3.3.2 Procedimiento de muestreo**

El frijol rosado variedad Seda fue recibido limpio y seco uniformemente por la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Cada tratamiento fue estibado y analizado el mismo día para determinar la humedad y calidad del grano al día 0 del estudio. El método de muestreo que se utilizó fue un muestreo aleatorio con un muestreador de alveolo en zigzag. El muestreo se realizó cada 15 días para los tres tratamientos.

La humedad relativa y temperatura de grano fueron monitoreadas en el momento del muestreo para determinar humedad real del grano.

### **3.3.3 Tamaño de muestra**

El tamaño de muestra tomado fue de 2 kilogramos. Un kilogramo fue utilizado para los análisis físicos (daños totales, humedad, color y tiempo de cocción) y un kilogramo para archivo. Cada muestra se identificaba por el número de tratamiento, fecha, tiempo de almacenamiento, temperatura y humedad relativa.

### **3.3.4 Análisis Físicos**

Las generalidades y análisis físicos de cada tratamiento se realizaron en el Laboratorio de Granos y Semillas y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano. Los análisis se llevaron a cabo con el mismo procedimiento y equipos tanto de muestreo como de laboratorio.

Para el muestreo aleatorio se utilizó un higrómetro digital para determinar humedad relativa y temperatura de cada tratamiento, así mismo se utilizó una balanza digital para garantizar los 2000 g. de muestra por cada tratamiento en estudio.

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis físicos, el frijol se clasificaba de acuerdo a las normas de calidad de Zamorano de la siguiente manera:

CA 1 = Total de daño 0 - 0.5%  
 CA 2 = Total de daño 0.5 - 1.1.0%  
 CA 3 = Total de daño 1.1 - 3.5%  
 CA 4 = Total de daño 3.6 - 5.0%  
 SM = Total de daño > 5.1%

### **3.3.5 Determinación del porcentaje de humedad del grano**

Para determinar el porcentaje de humedad de cada muestra se utilizó el método indirecto (dieléctrico) con el equipo (SAMAP-0-TEST) para tamaños de muestra de 250 g. El procedimiento para determinar la humedad del frijol rosado fue el siguiente:

- Depositar la muestra en el homogeneizador de grano para garantizar uniformidad de muestra.
- Realizar la calibración del equipo con el movimiento de la perilla hacia arriba (cal).
- Con la muestra homogenizada depositar 250 g. (0.55 lb) en la tolva receptora del equipo y girar la perilla hacia abajo (Operación).
- Presionar el botón de disparo de la tolva receptora para que el grano se deposite en la cámara de medición.
- Realizar un giro de la perilla cuidadosamente hacia la derecha hasta que alcance la posición más baja, a la izquierda del dial.
- Anotar la lectura arrojada por el equipo y determinar el contenido de humedad por medio de las tablas.
- Realizar la corrección de humedad correspondiente para grano con rango mayor o menor a 25 °C.

### **3.3.6 Análisis tiempo de cocción**

Para determinar el tiempo de cocción para los tres tratamientos estudiados se tomó en cuenta el siguiente procedimiento establecido regionalmente para estrato medio-bajo:

- Ebullición de agua en tres ollas a un mismo nivel de 1500 ml.
- Lavar los tratamientos en estudio y pesar 500 g. para cada uno de ellos.
- Una vez lavados y pesados introducirlos en una olla respectivamente.
- Tomar la hora de inicio de los análisis.
- Esperar 60 minutos.
- Al pasar los 60 minutos, realizar muestreo cada 5 minutos (50 granos).
- Presionar con el dedo pulgar e índice cada uno de los granos muestreados.
- Determinar el tiempo de cocción cuando por lo menos el 90% de los granos analizados tengan una consistencia suave y granulosa (cocidos).

### **3.3.7 Análisis de daños totales**

Los análisis de daños totales para cada tratamiento se realizaron en el Laboratorio de Granos y Semillas. Se utilizó el siguiente procedimiento:

- Uniformizar la muestra con el homogeneizador de granos (dos veces).
- Pesar 1000 g. con la balanza analítica.
- Introducir la muestra en una criba de 12 x 64 para determinar insectos vivos y muertos, excretas e impurezas.
- Pesar 250 g. y determinar por medio visual el tipo de daño del grano.
- Sumar en porcentajes los daños analizados para determinar daños totales.

### 3.3.8 Análisis colorimétrico ColorFlex HunterLab

Los análisis para determinar el color del grano a través del tiempo de almacenamiento se realizaron en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano. Se utilizó el siguiente procedimiento:

- Calibrar el equipo con los colores estándar (blanco, negro y verde).
- Colocar la muestra en recipientes plásticos.
- Utilizar la copa especial transparente del equipo para tomar una sub-muestra.
- Colocar la sub-muestra sobre la región de lectura del equipo.
- Tapar la sub-muestra con un recipiente negro pertinente al equipo.
- Correr el software, para el análisis de la muestra.
- Tomar los datos  $L^*$   $a^*$   $b^*$  y realizar los ajustes con los valores de las desviaciones estándar.
- Ordenar los datos con el programa de cálculo Microsoft Office Excel.

### 3.3.9 Análisis estadístico

Los datos obtenidos durante el estudio fueron analizados con el sistema estadístico SAS®. Se utilizó un DCA (diseño completamente al azar) con medidas repetidas en el tiempo con tres repeticiones para cada tratamiento.

Los tratamientos fueron los siguientes:

- Almacenamiento de grano en Cocoon®
- Almacenamiento de grano en bodega
- Almacenamiento de grano en cuarto frío

Se realizaron correlaciones entre el tiempo de cocción con relación al porcentaje de humedad del grano, daño total del grano, valor  $L^*$ , valor  $a^*$  y valor  $b^*$ .

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO FRIJOL

Los tres tratamientos iniciaron el estudio con una humedad inicial de 13.48%. El contenido de humedad en los tratamientos de almacenamiento de grano en bodega y en Cocoon® disminuyeron a medida que aumentaba los días de almacenamiento; lo contrario sucedía con el tratamiento de almacenamiento en cuarto frío, el cual presentaba porcentajes de humedades muy variables ( $R^2 = 0.65$ ) durante el tiempo de almacenamiento a lo largo del estudio (figura 1). El tratamiento de almacenamiento de cuarto frío presentó una humedad final fue 13.90%, incrementando 0.42% durante todo el estudio. Los tratamientos de almacenamiento en bodega y Cocoon® finalizaron con una humedad de 12.37 y 12.45%, respectivamente. El grano almacenado en bodega presentó un descenso de humedad de 1.11%; y el grano almacenado en Cocoon® presentó un descenso de humedad de 1.03% durante todo el estudio.

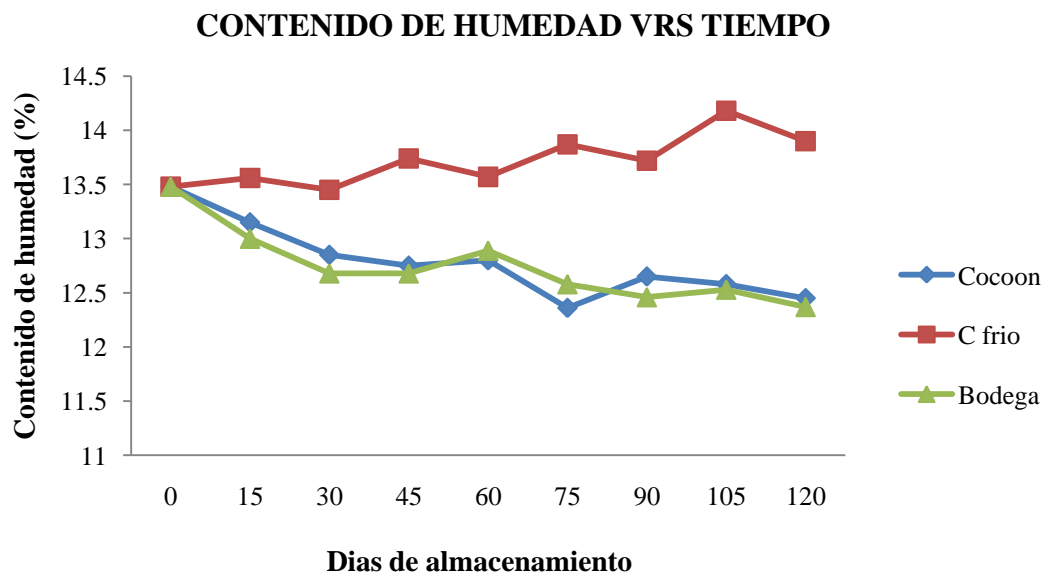


Figura 1. Efecto del contenido de humedad en el grano de frijón en los tres tratamientos de almacenamiento con relación al tiempo en días.

El estudio realizado por Cabrera (2007) determinó que el porcentaje de humedad del grano almacenado en bodega iba aumentando durante los días de almacenamiento para dos variedades diferentes de frijón. A diferencia de este estudio, el porcentaje de humedad del grano almacenado en bodega fue disminuyendo durante los días de almacenamiento,

debido a la fluctuación de aire seco caliente en la bodega el cual iba removiendo paulatinamente agua del grano.

Cuadro 2. Separación de medias Duncan para el porcentaje de humedad en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol.

TRT	Humedad (%) $\pm$ D.E.*		
	Día 0	Día 60	Día 120
C Frio	13.48 $\pm$ 0.02 <sup>a(x)</sup>	13.57 $\pm$ 0.22 <sup>a(x)</sup>	13.90 $\pm$ 0.15 <sup>a(x)</sup>
Bodega	13.48 $\pm$ 0.05 <sup>a(x)</sup>	12.89 $\pm$ 0.18 <sup>b(y)</sup>	12.37 $\pm$ 0.24 <sup>b(yz)</sup>
Cocoon®	13.48 $\pm$ 0.03 <sup>a(x)</sup>	12.80 $\pm$ 0.27 <sup>b(y)</sup>	12.45 $\pm$ 0.22 <sup>b(yz)</sup>

<sup>ab</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ), <sup>(xy)</sup> Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ), \* Desviación estándar.

El tratamiento de almacenamiento de grano en cuarto frio presentó la media de porcentaje de humedad más alto al día 120 debido a la alta humedad relativa que presentó el cuarto durante el estudio. Hubo diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre la media del porcentaje de humedad del cuarto frio con relación a las medias del porcentaje de humedad de los tratamientos de Cocoon® y bodega al día 120 (cuadro 2). La humedad del grano en bodega y Cocoon® disminuyó debido a las altas temperaturas que presentó el cuarto lo cual permitía una migración de agua del grano al ambiente.

## 4.2 TIEMPO DE COCCIÓN

El tiempo de cocción en este estudio se vió afectado por el contenido de humedad del grano y, el tiempo de almacenamiento, entre otros. El tratamiento 2 (cuarto frio), durante el estudio presentó porcentajes de humedades altos y temperaturas bajas de almacenamiento con relación a lo establecido, por lo que el tiempo de cocción del tratamiento 2 fue el menor en comparación con el almacenamiento en bodega y Cocoon® (figura 2).

El estudio realizado por Enamorado (2007) encontró una relación negativa entre el porcentaje de humedad y el tiempo de cocción durante los días de almacenamiento evaluados en el estudio.

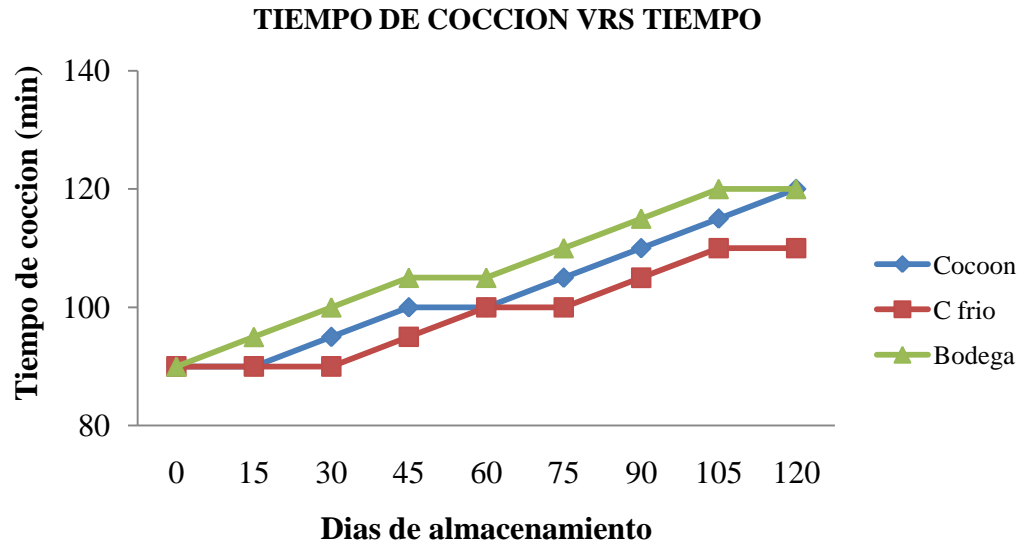


Figura 2. Efecto del tiempo de cocción en el grano de frijol en los tres tratamientos de almacenamiento con relación al tiempo en días.

Los tratamientos de almacenamiento en bodega y Cocoon® presentaron aumentos graduales con el paso del tiempo. Ambos tratamientos iniciaron con un tiempo de cocción de 90 minutos, pero no se mantuvieron estables hasta el día 30 como ocurrió con el grano almacenado en el cuarto frío. Se encontró diferencia estadística significativa ( $P < 0.05$ ) en las medias del tiempo de cocción entre el almacenamiento en cuarto frío versus bodega y Cocoon® al día 120 (Cuadro 3).

Cuadro 3. Separación de medias Duncan para el tiempo de cocción en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol.

TRT	Tiempo de cocción (min) $\pm$ D.E.*		
	Día 0	Día 60	Día 120
C Frío	90 $\pm$ 3.83 <sup>a(z)</sup>	100 $\pm$ 2.97 <sup>b(y)</sup>	110 $\pm$ 4.05 <sup>b(x)</sup>
Bodega	90 $\pm$ 2.91 <sup>a(z)</sup>	105 $\pm$ 3.76 <sup>a(y)</sup>	120 $\pm$ 2.05 <sup>a(x)</sup>
Cocoon®	90 $\pm$ 3.20 <sup>a(z)</sup>	100 $\pm$ 5.46 <sup>b(y)</sup>	120 $\pm$ 3.36 <sup>a(x)</sup>

<sup>ab</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ), <sup>(xy)</sup> Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ), \* Desviación estándar.

### 4.3 DAÑO TOTAL DE GRANO

El frijol Seda evaluado en el estudio fue comprado por la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. El grano utilizado al día cero del estudio presentaba 2.36% de daño total, ubicándolo en calidad Centro América 3 según los parámetros de la Universidad.

Según los resultados obtenidos se pudo determinar que existió un efecto significativo en el total de grano dañado con relación al tiempo de almacenamiento en los tratamientos de bodega y Cocoon®; mientras que el tratamiento de almacenamiento de grano en cuarto frío no presentó diferencias significativa ( $Pr > 0.05$ ) de grano dañado con relación a los 120 días de almacenamiento (figura 3).

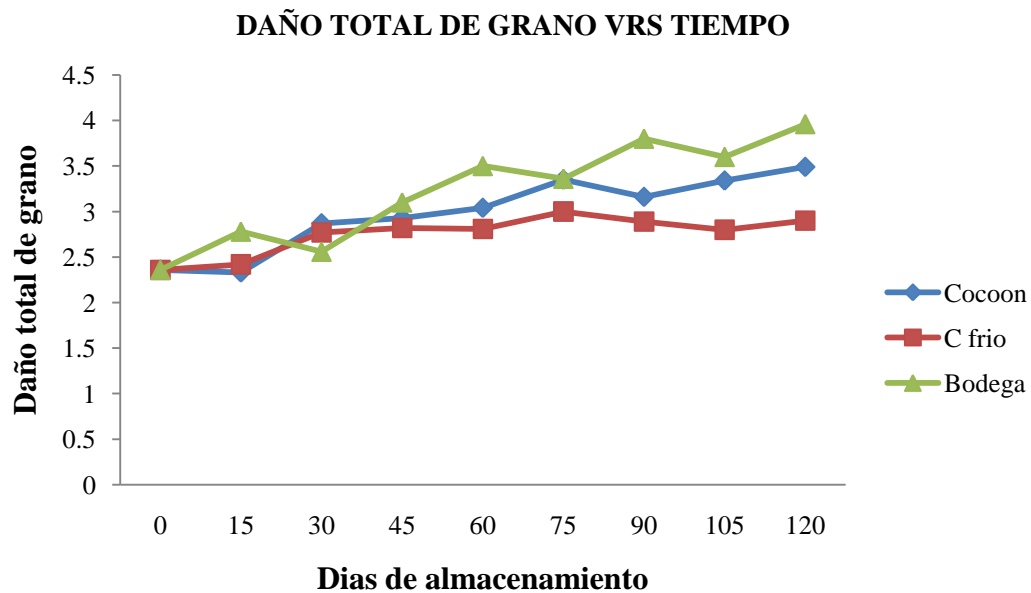


Figura 3. Efecto del total de grano dañado en el frijol en los tres tratamientos de almacenamiento con relación al tiempo en días.

Al día 120 las medias del total del grano dañado de los tratamientos de almacenamiento de grano en bodega y Cocoon® no presentaron diferencia significativa ( $Pr > 0.05$ ); mientras que la media del total de grano dañado del tratamiento de almacenamiento en cuarto frío presentó diferencia significativa con relación a los otros dos tratamientos (cuadro 4).

Cuadro 4. Separación de medias Duncan para el total de grano dañado en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol.

TRT	Daños totales (%) $\pm$ D.E.*		
	Día 0	Día 60	Día 120
C Frio	2.36 $\pm$ 0.03 <sup>a(xy)</sup>	2.81 $\pm$ 0.28 <sup>b(x)</sup>	2.90 $\pm$ 0.15 <sup>ab(x)</sup>
Bodega	2.36 $\pm$ 0.02 <sup>a(y)</sup>	3.5 $\pm$ 0.18 <sup>a(xy)</sup>	3.96 $\pm$ 0.24 <sup>a(x)</sup>
Cocoon®	2.36 $\pm$ 0.04 <sup>a(y)</sup>	3.04 $\pm$ 0.25 <sup>b(xy)</sup>	3.49 $\pm$ 0.18 <sup>a(x)</sup>

<sup>ab</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ), <sup>(xy)</sup> Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ), \* Desviación estándar.

El grano almacenado en el cuarto frío presentó un promedio de 2.90% de daño total al día 120, incrementando en 0.54% de daño durante el estudio. El grano almacenado en Bodega y Cocoon® también presentó un incremento en el daño total durante el estudio, de 1.6 y 1.13 %, respectivamente.

El daño que más contribuyó al incremento de los daños totales en cuarto frío fue el daño por hongos, debido a que la humedad relativa era propicia para el crecimiento de estos microorganismos. En el método de almacenamiento en bodega, el daño que más contribuyó al incremento de daños totales fue el de insectos y por calentamiento, debido a que este método de almacenamiento presentó temperatura y humedad relativa promedio de 30°C y 70%, propicio para el crecimiento de insectos.

Según la FAO (1993), el crecimiento de insectos y el aumento del daño del grano está relacionado con el incremento de temperatura, debido a que los insectos crecen en un ambiente propicio donde la temperatura fluctuó entre los 20 y 35°C. Confirmando lo citado, el cuarto frío presentó una media de temperatura de 18.3 °C por lo que esta temperatura no afectó significativamente en el total de grano dañado durante el estudio, en comparación con los tratamientos de almacenamiento en bodega y Cocoon®.

## 4.4 ANALISIS COLORIMÉTRICO

### 4.4.1 Valor L\*

El valor L\* el cual nos determina la claridad del grano, presentó una relación inversamente proporcional en los tres tratamientos de conservación de grano con relación al tiempo de almacenamiento. El grano almacenado en bodega y cuarto frío presentaron cambios significativos ( $Pr < 0.05$ ); es decir que el grano perdió claridad a lo largo del

tiempo de almacenamiento (figura 3). No hubo diferencias significativas a través del tiempo en la claridad del grano almacenado en el método de almacenamiento en Cocoon® debido a la usencia de oxígeno.

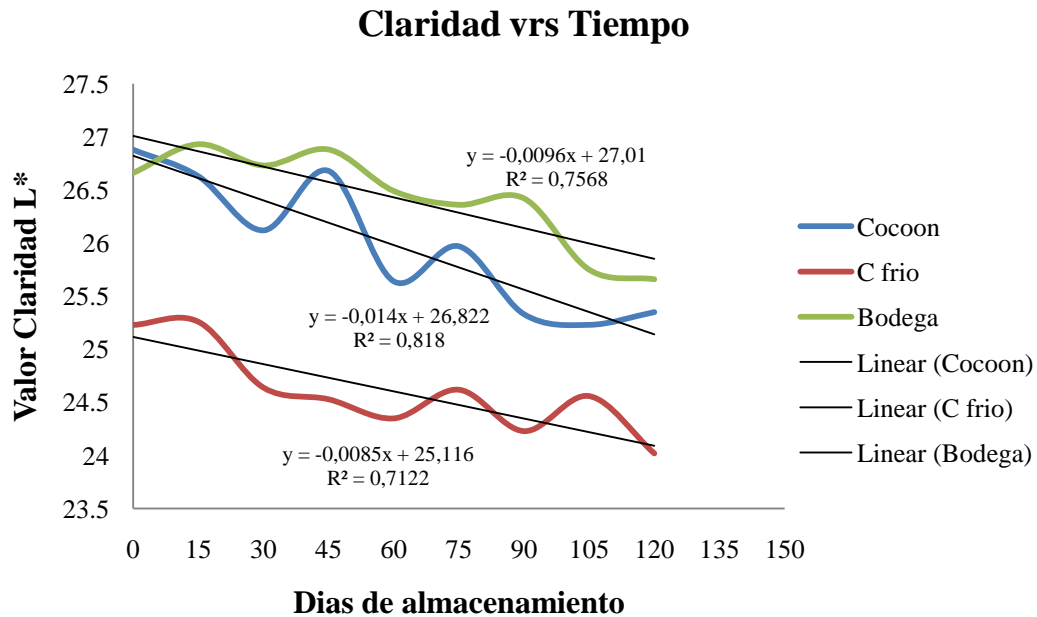


Figura 4. Análisis del valor (L\*) del frijol en los tres tratamientos de almacenamiento de grano durante 120 días.

Los tratamientos de almacenamiento de frijol variedad Seda en bodega y Cocoon® presentaron medias de valor L\* diferentes al día 120 ( $Pr < 0.05$ ) (Cuadro 5), El tratamiento que perdió más claridad fue el grano almacenado en el cuarto frio con un descenso de 2.86 del valor L\*.

A diferencia de este estudio, la investigación realizada por Cabrera (2007) encontró que el valor de claridad L\* aumentó durante el tiempo de almacenamiento en las dos variedades, una de Hortifruti y Tío Canela.

Cuadro 5. Separación de medias Duncan para el valor (L\*) en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol.

TRT	Valor L* ± D.E.*		
	Día 0	Día 60	Día 120
C Frio	26.88 ± 0.25 <sup>a(x)</sup>	24.35 ± 0.13 <sup>c(y)</sup>	24.02 ± 0.14 <sup>b(yz)</sup>
Bodega	26.65 ± 0.31 <sup>a(x)</sup>	26.49 ± 0.24 <sup>a(x)</sup>	25.66 ± 0.28 <sup>a(y)</sup>
Cocoon®	25.23 ± 0.18 <sup>b(x)</sup>	25.64 ± 0.52 <sup>b(x)</sup>	25.35 ± 0.23 <sup>a(x)</sup>

<sup>ab</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ), <sup>(xy)</sup> Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ), \* Desviación estándar.

#### 4.4.2 Valor a\*

El valor a\* determina el color rojo del frijol. El valor a\* tuvo un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.83 y 0.80 para los tratamientos de Cocoon® y bodega respectivamente, durante el tiempo de almacenamiento. El coeficiente de determinación indica que tanto se ajustan los datos al modelo. El tratamiento de almacenamiento de frijol en cuarto frío tuvo un coeficiente de determinación de 0.54; por lo tanto, el valor a\* en este tratamiento no se vio afectado por los días de almacenamiento (figura 5).

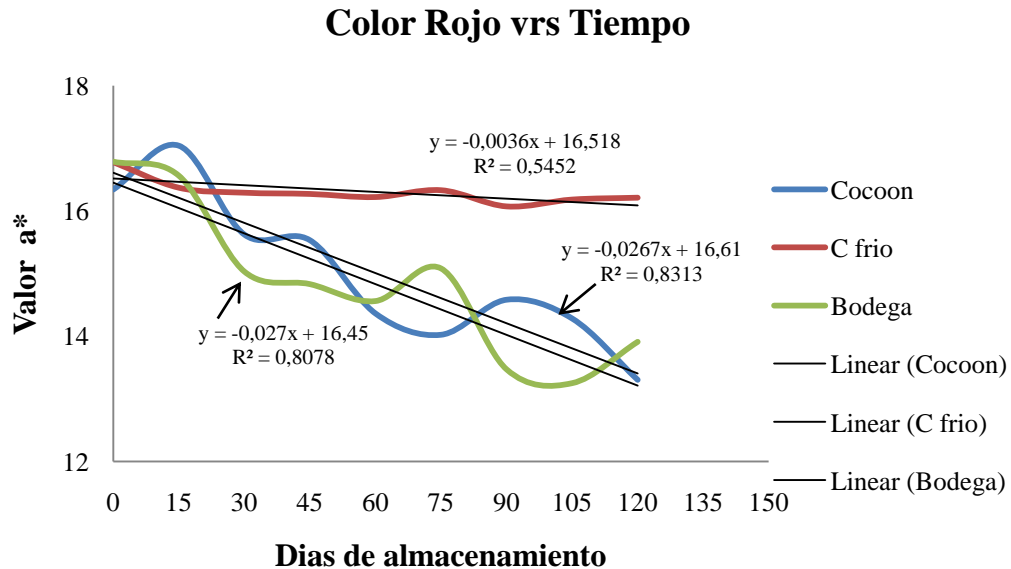


Figura 5. Análisis del Valor (a\*) del frijol en los tres tratamientos de almacenamiento de granos durante 120 días.

Los tratamientos de almacenamiento de frijol en bodega y Cocoon® presentaron una tendencia lineal negativa, es decir que el color rojo iba disminuyendo a medida que pasaba el tiempo de almacenamiento. Además de presentar una tendencia lineal negativa estos tratamientos no presentaron diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) entre sí del valor  $a^*$  al día 120, pero si presentaron diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) con relación al cuarto frío al finalizar el estudio (cuadro 6).

Cuadro 6. Separación de medias Duncan para el valor ( $a^*$ ) en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol.

TRT	Valor $a^* \pm D.E.^*$		
	Día 0	Día 60	Día 120
C Frio	16.82 $\pm$ 0.16 <sup>a(x)</sup>	16.22 $\pm$ 0.21 <sup>a(x)</sup>	16.21 $\pm$ 0.16 <sup>a(x)</sup>
Bodega	16.78 $\pm$ 0.20 <sup>a(x)</sup>	14.56 $\pm$ 0.13 <sup>b(y)</sup>	13.91 $\pm$ 0.15 <sup>b(yz)</sup>
Cocoon®	16.34 $\pm$ 0.16 <sup>a(x)</sup>	14.38 $\pm$ 0.18 <sup>b(y)</sup>	13.30 $\pm$ 0.13 <sup>b(z)</sup>

<sup>ab</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ), <sup>(xy)</sup> Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ), \* Desviación estándar.

El estudio realizado por Taleón (2005) demostró que el grano de frijol disminuía la intensidad de color rojo debido a las altas temperaturas que presentaban los métodos de almacenamiento (26 y 28 °C), causando que las antocianinas de la testa del frijol interactuaran con otros compuestos causando un cambio en el valor  $a^*$ .

#### 4.4.3 Valor $b^*$

El método de almacenamiento de grano bodega presentó un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de 0.23, lo cual determina que los datos no se ajustaron al modelo por lo que el tiempo de almacenamiento no repercutió en el valor  $b^*$  debido a la alta variabilidad de los datos (figura 6). Los tratamientos de almacenamiento en el cuarto frío y Cocoon® presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) a través del tiempo en la intensidad del color amarillo.

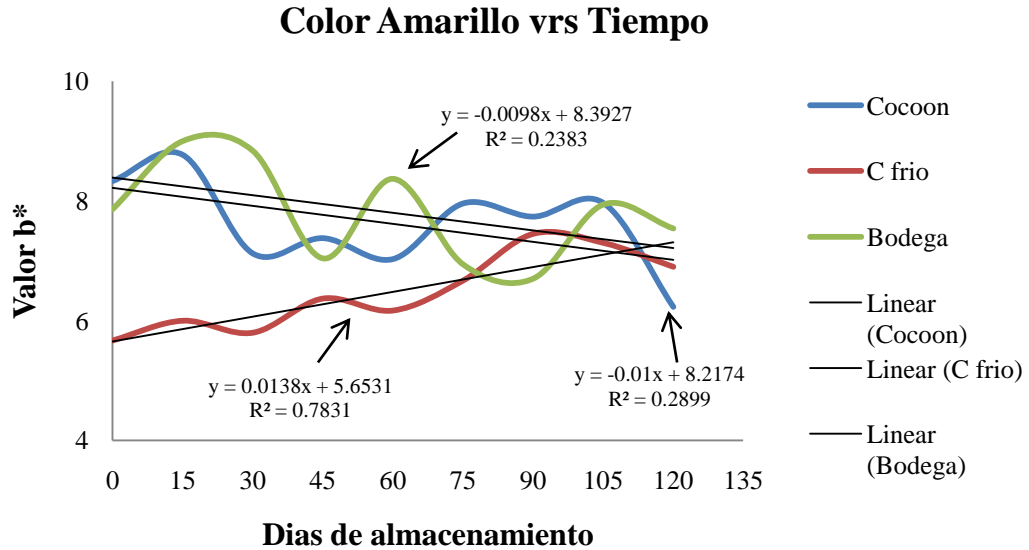


Figura 6. Análisis del Valor ( $b^*$ ) del frijol en los tres tratamientos de almacenamiento de granos durante 120 días.

Las medias de los tratamientos de almacenamiento en Cocoon® y el cuarto frio no presentaron diferencias significativas ( $Pr > 0.05$ ) al día 120, siendo el tratamiento de almacenamiento en Cocoon® con la media más baja. La tendencia del tratamiento del cuarto frio fue lineal positiva, es decir que a medida que aumentaban los días de almacenamiento, aumentaba el valor  $b^*$  del grano frijol.

Cuadro 7. Separación de medias Duncan para el valor ( $b^*$ ) en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de frijol.

TRT	Valor $b^* \pm D.E.*$		
	Día 0	Día 60	Día 120
C Frio	$5.67 \pm 0.05^{c(y)}$	$6.17 \pm 0.09^{c(xy)}$	$6.9 \pm 0.07^{b(x)}$
Bodega	$7.86 \pm 0.08^{b(x)}$	$7.77 \pm 0.07^{a(x)}$	$7.54 \pm 0.09^{a(xy)}$
Cocoon®	$8.33 \pm 0.06^{a(x)}$	$7.03 \pm 0.07^{b(y)}$	$6.23 \pm 0.05^{b(z)}$

<sup>ab</sup>Medias con la misma letra son estadísticamente iguales ( $P > 0.05$ ), <sup>(xy)</sup> Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ), \* Desviación estándar.

Enamorado (2007) determinó que el valor  $b^*$  tenía una tendencia lineal negativa con la variedad Tío Canela en almacenamiento en bodega (temperatura promedio de  $29^\circ\text{C}$ ). Esto

indica que el valor  $b^*$  (color amarillo) iba disminuyendo a medida que aumentaba los días de almacenamiento.

#### 4.5 CORRELACIONES

Para determinar cómo influyo la humedad, el daño total, el valor  $L^*$ , el valor  $a^*$  y el valor  $b^*$  en el tiempo de cocción se realizó una correlación entre las variables (cuadro 8).

Cuadro 8. Correlaciones entre el tiempo de cocción versus humedad del grano, daño total claridad  $L^*$ , rojo  $a^*$  y amarillo  $b^*$ .

TRT		Humedad Pr	Daño Total Pr	$L^*$ Pr	$a^*$ Pr	$b^*$ Pr
Tiempo de cocción	Cocoon	-0.81405	0.91417	-0.86087	-0.88872	-0.55018
		0.0076	0.0006	0.0029	0.0014	0.1248
	Bodega	-0.88895	0.92235	-0.83238	-0.93092	-0.50265
		0.0013	0.0004	0.0054	0.0003	0.1679
	C Frio	-0.83831	0.65758	-0.76938	-0.64665	0.89183
		0.0048	0.0542	0.0153	0.0598	0.0012

Coefficiente de Pearson Prob > |r|

##### 4.5.1 Tiempo de cocción – humedad

Para la variable humedad, se encontró que hay una correlación negativa con el tiempo de cocción en el método de almacenamiento en bodega y Cocoon®. Es decir que a medida que la humedad del grano disminuida, el tiempo de cocción aumentaba.

Para el método de almacenamiento de grano en cuarto frio hubo una correlación positiva con el tiempo de cocción. A medida que aumentaba el porcentaje de humedad de grano, el tiempo de cocción iba aumentando, pero en menor proporción con relación a la bodega y al Cocoon ® (cuadro 8).

##### 4.5.2 Tiempo de cocción – daño total

Para la variable daño total del grano, se encontró que hay una correlación positiva con el tiempo de cocción en el método de almacenamiento en bodega y Cocoon®. A medida que

aumentaba los daños totales debido a temperaturas altas de almacenamiento, el tiempo de cocción también aumentaba (cuadro 8).

No existió correlación ( $Pr=0.0542$ ) entre el daño total de grano con el tiempo de cocción en el método de almacenamiento en cuarto frío, debido a que el cuarto no presentó cambios bruscos en el porcentaje de daño total durante el estudio.

#### **4.5.3 Tiempo de cocción – claridad valor $L^*$**

Para la variable claridad o valor  $L^*$ , se encontró que hay una correlación negativa con el tiempo de cocción en los tres métodos de almacenamiento. A medida que disminuía la claridad o el valor  $L^*$  el tiempo de cocción iba aumentando (cuadro 8).

#### **4.5.4 Tiempo de cocción – rojo valor $a^*$**

Para la variable color rojo o valor  $a^*$ , se encontró que hay una correlación negativa con el tiempo de cocción en los métodos de almacenamiento de bodega y Cocoon®. A medida que disminuía la intensidad del color rojo, el tiempo de cocción iba aumentando.

No existió correlación ( $Pr=0.0598$ ) entre el valor  $a^*$  con el tiempo de cocción en el método de almacenamiento en cuarto frío. La temperatura promedio de  $18^{\circ}\text{C}$  mantuvo estable la intensidad del color rojo durante todo el estudio (cuadro 8).

#### **4.5.5 Tiempo de cocción – amarillo valor $b^*$**

Para la variable color amarillo o valor  $b^*$ , se encontró que hay una correlación positiva con el tiempo de cocción en el método de almacenamiento de cuarto frío. A medida que aumentaba el valor  $b^*$ , el tiempo de cocción también aumentaba.

No existió correlación ( $Pr=0.167$  y  $0.124$ ) entre el valor  $b^*$  con el tiempo de cocción en los métodos de almacenamiento de bodega y Cocoon®, respectivamente.

### **4.6 TIEMPO DE ALMACENAMIENTO**

Como el tiempo de cocción es uno de los parámetros más importantes que indica la eficiencia de los métodos de almacenamiento, se tomó en cuenta este parámetro para determinar por medio de una ecuación lineal el tiempo máximo de almacenamiento de frijol para cada tratamiento, hasta llegar a un tiempo máximo de cocción de 130 minutos.

Las siguientes ecuaciones son las que mejor describen el comportamiento del tiempo de cocción del frijol en cada tratamiento, durante los días de almacenamiento. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) indica que tan ajustados están los datos al modelo para cada método de almacenamiento (figura 7).

Cuadro 9. Días óptimos de almacenamiento de grano para garantizar el tiempo de cocción recomendado en cada método de almacenamiento.

Tratamiento	Ecuación	R <sup>2</sup>	Tiempo óptimo de almacenamiento
Bodega	$y = 0.2556x + 91.333$	0.97	151 días
Cocoon®	$y = 0.2556x + 87.444$	0.97	187 días
Cuarto frio	$y = 0.1944x + 87.222$	0.94	220 días

El tiempo máximo de cocción recomendado es de 130 minutos, por lo tanto para cada ecuación se realizó un despeje de la variable x, para determinar el tiempo óptimo de almacenamiento que el grano se puede someter para no sobrepasarse del tiempo de cocción recomendado (cuadro 9).

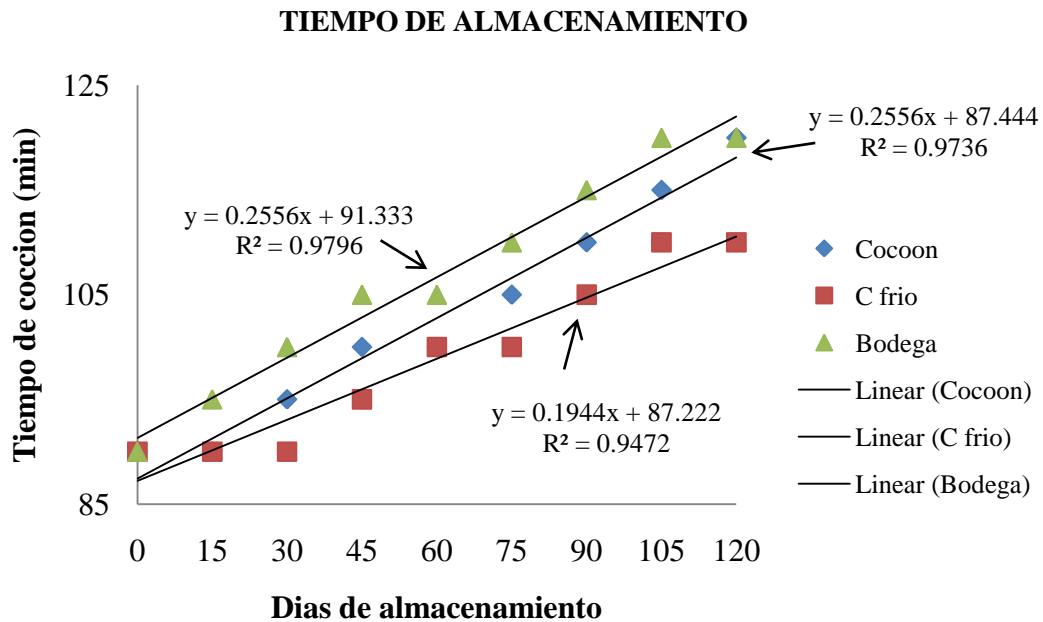


Figura 7. Aumento del tiempo de cocción en los tres métodos de almacenamiento de frijol con relación a los 120 días de almacenamiento.

#### 4.7 COSTO DE ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de granos es una actividad en la que se debe invertir tiempo suficiente para controlar todo el proceso, y tiene como objetivo fundamental la conservación de la calidad inicial de los granos cosechados hasta su entrega, al menor costo posible.

Para determinar el costo de almacenamiento de cada quintal de frijol variedad Seda durante 120 días del estudio, se realizó un análisis de costos de los tres métodos (cuadro 10).

Cuadro 10. Costo de almacenamiento de un quintal de frijol durante 120 días en cada método de almacenamiento.

<b>TRT</b>	<b>Costo unitario (L) de almacenamiento por día</b>	<b>Costo unitario (L) de almacenamiento por 120 días</b>
C Frio	0.270	32.44
Bodega	0.108	12.97
Cocoon®	0.048	5.82

El grano almacenado en el cuarto frío presentó los mejores resultados en cuanto a las características de calidad pero presentó el costo más alto de almacenamiento con relación a la bodega y Cocoon®.

La nueva tecnología de PVC Flexible Cocoon® presentó el costo más bajo de almacenamiento por quintal. Además de ser el tratamiento más factible económicamente, fue el segundo método que mejor preservó las características de calidad después del grano almacenado en cuarto frío.

## 5. CONCLUSIONES

- Los tratamientos de almacenamiento de grano en cuarto frío y en Cocoon® mantuvieron la calidad Centro América 3 determinada por Zamorano; mientras que el tratamiento de almacenamiento en bodega presentó una calidad Centro América 4 al día 120 del estudio.
- El tiempo de cocción de frijol se vio afectado por el contenido de humedad del grano. Los tratamientos almacenados en bodega y Cocoon® registraron un descenso de humedad durante el estudio causando un aumento en el tiempo de cocción del grano (120 minutos). El tratamiento de almacenamiento de frijol en cuarto frío presentó el menor tiempo de cocción (110 minutos), debido al aumento gradual del contenido de humedad del grano durante el estudio.
- El método de almacenamiento que más afectó en la calidad del grano fue el tratamiento en bodega. El grano presentaba calidad Centro América 3 al día cero y terminó con calidad Centro América 4 al día 120 de almacenado. Este cambio se debió a las altas temperaturas registradas en la bodega por lo que el daño por calentamiento y daño por insectos afectó en la calidad final del mismo.
- El tiempo de óptimo de almacenamiento para garantizar el tiempo máximo de cocción recomendado, fue de 151 días para el método de almacenamiento en bodega, 187 días para Cocoon® y 220 días para el cuarto frío.
- El método de almacenamiento en Cocoon® presentó el costo más bajo de almacenamiento por quintal (L. 5.82) con relación al cuarto frío (L. 32.44) y bodega (L. 12.97), manteniendo la calidad Centro América 3 durante todo el estudio.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Realizar un estudio con tiempo de almacenamiento más prolongado para observar el comportamiento del tiempo de cocción versus otras variables.
- Realizar un estudio que identifique el comportamiento del total de grano dañado en Cocoon® con inyección de dióxido de carbono.
- Realizar un estudio con diferentes variedades de frijol.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Rosas, J.C. 2003. El cultivo del frijol común en América tropical. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras, 57 p.

FAO. 1984. Cosecha de granos trigo, maíz, fréjol y soya. Departamento de Agricultura. (En línea). Consultado el 05 de septiembre del 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5051S/x5051s04.htm#4>.

Rosas, J.C. 2002. Investigación colaborativa de frijol en Centro América y el Caribe. (En línea). Consultado el 10 de septiembre del 2010. Disponible en: <http://phaselieu.cesga.es/Beaver.pdf>.

Rosas, J. C. 1998. El cultivo del frijol común en América Tropical. Zamorano, Honduras. Zamorano Academia Press. 52 p.

FAO.1996. Secado de granos y secadoras, concepto. Departamento de Agricultura. (En línea). Consultado el 11 de septiembre de 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5028s/X5028S0f.htm>.

Reyes-Moreno, C. and Paredes-López, O. 1993. Hard-to-cook phenomenon in common beans - a review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. (En línea). Consultado el 13 de septiembre de 2010. Disponible en: <http://www.springerlink.com/content/m18761363171m51g/>.

Cabrera, M. 2007. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris*) almacenado en la Escuela Agrícola Panamericana. Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras. 23 p.

Hunter L\*a\*b\*, 2000. Universal Software Versión 4.0 and Above User's Manual. Hunter Associates Laboratory. Virginia, USA. 470 p.

Enamorado, S. 2007. Evaluación de la condiciones de almacenamiento de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en las bodegas del Instituto Hondureño de Mercadeo Agrícola. (IHMA). Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria. Zamorano, Honduras. 23 p.

Valladares, B. 1996. Determinación del tiempo de cocción en variedades comerciales de frijol rojo. Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería Agronómica. Zamorano, Honduras. 29 p.

°FAO. 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Departamento de Agricultura. (En línea). Consultado el 20 de septiembre del 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5027S/X5027S00.htm>.

Taleón, V. 2005. Efecto de la temperatura de almacenamiento en la estabilidad del color del grano de frijol rojo. Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria. Zamorano, Honduras. 32 p.

