

Evaluación de atributos físicos de calidad del grano de frijol variedad Amadeus 77 bajo dos sistemas de almacenamiento

Catherine Geovanna Muñoz Gallegos

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano,
Honduras**

Noviembre, 2013

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Evaluación de atributos físicos de calidad del grano de frijol variedad Amadeus 77 bajo dos sistemas de almacenamiento

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

Presentado por

Catherine Geovanna Muñoz Gallegos

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2013

Evaluación de atributos físicos de calidad del grano de frijol variedad Amadeus 77 bajo dos sistemas de almacenamiento

Presentado por:

Catherine Geovanna Muñoz Gallegos

Aprobado:

Edward Moncada, M.A.E
Asesor principal

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

Raul Espinal, Ph.D.
Asesor

Raúl H. Zelaya, Ph.D.
Decano Académico

Evaluación de atributos físicos de calidad del grano de frijol variedad Amadeus 77 bajo dos sistemas de almacenamiento

Catherine Geovanna Muñoz Gallegos

Resumen: El frijol es una fuente nutricional recomendada en la ingesta diaria por su alto contenido proteico. El estudio fue realizado en la Escuela Agrícola Panamericana y se plantearon como objetivos comparar el efecto en la calidad del grano del almacenamiento en un cocoon expuesto a la intemperie y un cocoon en bodega; además evaluar los factores que determinan el tiempo de cocción del frijol. Se utilizó un diseño completamente al azar con 3 repeticiones por tratamiento. Se calculó el costo de almacenaje para cada tratamiento, y se realizó un análisis proximal con el cual se observó la tendencia en cuanto a la conservación de nutrientes durante 12 semanas de almacenamiento. Para determinar la calidad del grano se realizaron análisis físicos semanales. Al término del estudio no se observó diferencia estadística significativa entre los mismos. Además para caracterizar las variables que determinan el tiempo de cocción se establecieron 2 ecuaciones de regresión lineal múltiple. Se realizó el análisis proximal correspondiente y se determinó que no existe una pérdida de nutrientes de la leguminosa almacenada en un cocoon, excepto en la variable ceniza y humedad las cuales si presentaron diferencias significativas en el tiempo y entre tratamientos. El costo de almacenar 1 qq de frijol por 12 semanas en un cocoon en bodega fue de \$ 0.45 y en un cocoon expuesto a la intemperie fue de \$ 0.21.

Palabras clave: Cocoon, costos de almacenaje, leguminosa, tiempo de cocción.

Abstract: The bean is a nutritional recommended daily intake for its high protein content. The study was conducted in Zamorano University which objectives were to compare the effect on the quality of grain stored in a weather exposed cocoon and cocoon in a warehouse and also evaluate the factors determining the cooking time of beans. A completely randomized design with 3 replicates was used. It was calculated the cost of storage for each treatment, and a proximal analysis was made to observe the trend regarding the preservation of nutrients during for 12 weeks of storage. To determine grain quality, weekly physical analyzes were performed. At the end of the study there was no significant statistical difference between treatments. In addition to characterize variables that determined a linear regression was obtained. Proximal analysis indicated that there is not loss of nutrients, except for ash and moisture which were significantly different over time and between treatments. The cost of storing 1 qq of beans for 12 weeks in a Cocoon in storage was \$ 0.45 and of a cocoon exposed to the weather was \$ 0.21.

Key words: Cocoon, storage costs, legumes, cooking time

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	iii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	18
5. RECOMENDACIONES.....	19
6. LITERATURA CITADA.....	20

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Comparación de dos sistemas de almacenamiento de frijol, durante dos semanas.	9
2. Interacción entre humedad y tiempo de almacenamiento del frijol variedad Amadeus 77.	10
3. Análisis de correlación entre el tiempo de almacenamiento, temperatura, humedad, daño y tiempo de cocción del frijol variedad Amadeus 77.	11
4. Separación de medias del análisis proximal del frijol variedad Amadeus 77, proteína, carbohidratos y fibra.	13
5. Separación de medias del análisis proximal del frijol variedad Amadeus 77, grasa, humedad y ceniza.	15
6. Costo de almacenar 1 qq de frijol basado en dos tratamientos.	16

Figuras	Página
7. Comportamiento de la curva de temperatura (°C) del grano de frijol durante 12 semanas.	6
8. Comportamiento de la curva de temperatura (°C) del grano de frijol durante 12 semanas.	7
9. Comportamiento de la curva de tiempo de cocción (minutos) del grano de frijol durante 12 semanas.	8
10. Comportamiento de la curva de humedad (%) del grano de frijol durante 12 semanas.	8

1. INTRODUCCIÓN

El frijol es uno de los alimentos de mayor importancia en la dieta alimenticia del ser humano, especialmente en la población centroamericana y aún más en las zonas rurales, debido a que es uno de los granos de mayor aporte proteico. Es por esto que varios agricultores, productores y grandes compañías se dedican al cultivo y producción del mismo. Empresas y programas alimenticios como el PMA, y la reserva estratégica de frijol del Instituto Hondureño de Mercadeo Agrícola, adquieren en grandes cantidades dicha leguminosa para proveer a la región durante un largo tiempo del grano.

Por esta razón programas como la USAID realizan estudios en busca de variedades que logren una producción más eficiente. La variedad mejorada Amadeus 77, es la más aceptada en la región centroamericana por productores según un estudio realizado ya que de un total de 472,489 ha de frijol cosechadas en conjunto en la región representó un estimado de 235,028 ha (Reyes et al. 2012) siendo la más representativa dentro de dicha evaluación. Es sembrada extensamente debido a su alta resistencia a Virus del Mosaico Dorado Amarillo del Frijol, lo cual la hace una de las más cultivadas, motivo por el cual se la eligió para establecer este proyecto.

Lamentablemente, existen grandes pérdidas poscosecha debido al mal manejo en el almacenamiento. Se desarrolló una investigación para garantizar el buen manejo fitosanitario del mismo durante el almacenaje y así evitar pérdidas por daño del grano. El uso de un cocoon como estructura de almacenamiento “el cual consiste en un sistema de almacenamiento hermético de PVC flexible” (Blandón 2010), disminuye pérdidas en cuanto a calidad en el producto. Dicha estructura tipo silo agrícola, fácilmente transportable que ofrece la empresa Grain Pro es ideal para el almacenaje de granos y semillas ya que su estructura está diseñada de tal manera que no permite el paso de oxígeno superior a un 4%.

Su diseño está basado en el antiguo principio de "almacenamiento hermético", el cual es utilizado para lograr el almacenamiento a largo plazo de granos y semillas en seco sin necesidad de intervención química de tal manera que controle daños e infestaciones (Grain Pro 2013). El almacenaje de la leguminosa es primordial para determinar la calidad del mismo ya que esta etapa influye sobre variables como el daño del grano, humedad, temperatura, el color, e incluso el tiempo de cocción del mismo. Es adecuado realizar un estudio que demuestre la eficiencia en mantener la calidad del grano bajo diferentes ambientes de almacenamiento no controlados.

Los objetivos del estudio fueron:

- Comparar el efecto en la calidad del frijol del almacenamiento en un cocoon expuesto a la intemperie y en un cocoon en bodega.
- Evaluar los factores que determinan el tiempo de cocción del grano de frijol.
- Comparar la calidad nutricional del grano, durante 12 semanas,
- Comparar costos directos entre ambos métodos de almacenamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio y desarrollo del proyecto fue realizado en la Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”, específicamente en el Laboratorio de la Planta Procesadora de Granos y Semillas, y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano (LAAZ), dichas unidades están localizadas en el Valle del Yeguaré, Departamento de Francisco Morazán a 30 Km. de Tegucigalpa, Honduras, ubicado a 14° latitud norte y 87° longitud oeste.

El desarrollo del proyecto tuvo una duración de 12 semanas. Se tomaron 36 datos por cocoon a partir de la semana 0 hasta el término de la semana 12, con un intervalo de 1 semana. Cada muestra fue tomada del total de los sacos de frijol para obtener un resultado de mayor homogeneidad. Una vez tomada dicha muestra se procedió con el análisis físico correspondiente el cual determinó la calidad del frijol en los tratamientos. El frijol en ambos ambientes tuvo una clasificación Centro América 1 (Normas de Calidad del laboratorio de Tecnología de Granos Zamorano), con una humedad inicial de 10.6%, temperatura del grano de 32°C, tiempo de cocción de 90 minutos, y daños totales del 0.2%.

Para medir condiciones meteorológicas se utilizaron 2 dispositivos USB (Easy Log) que miden humedad relativa y temperatura del ambiente. Dichas condiciones promedio en cuanto a temperatura y humedad relativa del cocoon ubicado dentro de la bodega fueron de 28.36°C y 58.7% respectivamente, y en el cocoon expuesto a condiciones ambientales 23.1°C y 57.73%.

Toma de muestra. Para realizar este procedimiento se utilizó un muestreador con el cual se procedió a tomar una cantidad representativa de cada quintal (21 costales/tratamiento), para completar un total de 1 kg de muestra, la cual fue analizada bajo los parámetros físicos correspondientes (daños totales, humedad, color, temperatura y tiempo de cocción).

Debido a que el estudio fue elaborado para la Planta de Granos y Semillas no se archivó 1kg de la muestra como regularmente se procede para análisis externos. Se utilizó una balanza digital para determinar el peso total de la muestra tomada. Cada muestra fue registrada independientemente en la hoja técnica de análisis de laboratorio. Los análisis físicos se llevaron a cabo usando el procedimiento indicado por el técnico laboratorista que se detalla a continuación.

Análisis Organoléptico. Se determinó el olor del grano, y se observó si existe algún tipo de impureza ya sean vidrios, piedras, excrementos de roedores, insectos dañinos o algún daño en la muestra.

Homogeneización. Se mezcló la muestra a analizar para obtener mayor confianza en los datos a tomar, en el equipo homogeneizador de granos para disminuir variación en los resultados ya que se evita una mala distribución de cada sector muestreado.

División de la muestra. Se separó en cantidades óptimas para el análisis, es decir 1 kg para determinar impurezas, seguido a ello se homogeneizó nuevamente la muestra limpia y se separó 250g para toma de humedad, temperatura y selección del grano.

Determinación de temperatura. Para el efecto se introdujo la muestra indicada en el equipo GAC 2100, en el panel se indicó el grano a usar y se presionó el botón de carga, se esperó unos segundos mientras el equipo mostró resultados de temperatura, humedad y densidad del grano y luego se descargó el frijol al presionar la opción mencionada en la pantalla.

Determinación de humedad. Dicho factor se determinó de la misma manera con el uso del GAC 2100, para confirmación de datos se utilizó un método indirecto con el equipo Motomco (SAMAP-0-TEST), el cual fue previamente calibrado con el movimiento de la perilla hacia arriba, utilizando el mismo tamaño de muestra homogeneizada (0.55 lbs) se lo introdujo en la pequeña tolva de recepción y se giró la perilla hacia abajo, se presionó el botón de disparo y el grano es depositado en el área de medida, se giró suavemente la perilla hacia la derecha para alcanzar una ubicación baja a la izquierda del dial. Con la lectura determinada se ubicó en la tabla el contenido de humedad y se realizó la corrección respectiva para el grano con temperaturas superiores a 25°C (Blandón 2010).

Análisis de daños totales. Se tomó una muestra de 1000 g previamente homogeneizada, y se la introdujo en una criba de 12/64 que es recomendada para frijol rojo según el procedimiento general de muestreo utilizado en el laboratorio de procesamiento de granos y semillas de la Escuela Agrícola, a dicha muestra se la sacudió en movimientos circulares 60 veces y visualmente fueron retiradas las impurezas (partículas diferentes a frijol) que no lograron atravesar la criba, luego se pesaron en una balanza, a este resultado se lo mencionó como un dato porcentual. Seguido a ello se separó una muestra de 250 g. Y se procedió a observar y separar al grano según su daño, ya sea por calentamiento, hongos e insectos, granos partidos y otros. Estos valores también fueron pesados en la balanza e indicados de manera porcentual.

Análisis de tiempo de cocción. El procedimiento inició con una muestra de 250 g previamente limpia y homogeneizada, se colocaron dos ollas de aluminio con capacidad de 4 litros en 2 de ellas se colocó agua y se llevó a punto de ebullición. La fuente de calor fue gas y se verificó que el proceso de ebullición sea constante y moderado. Una vez que el agua logró un hervor se colocaron los 250 g de frijol en uno de los utensilios mencionados, asegurando que el nivel de agua sea superior a una pulgada al nivel del grano, cuando el agua nuevamente comenzó a hervir se inició el conteo de tiempo de duración de la prueba, se procuró conservar el mismo nivel de agua agregando agua caliente cuando fue necesario. A partir de los 60 minutos transcurridos se tomó una primera muestra de 50 granos cada cinco minutos, se presionó con el dedo pulgar e índice cada uno de ellos. El tiempo de cocción se determinó como ideal cuando al menos 90% de los granos presentaron una consistencia suave almidonosa.

Análisis de color. Se utilizó la cartilla para evaluar color de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) (Melgar, 2004.), se observó el tipo de rojo más cercano a la muestra y se lo asignó en la escala de 1 a 9 según la intensidad del tono.

Análisis Químico. El análisis químico se realizó en el LAAZ. Se utilizó un total de 250g para el análisis realizado.

Humedad. El método de determinación de humedad en alimentos sólidos se lo realizó con la ayuda de un horno de aire forzado a 105°C AOAC 952.08, consiste en pesar la muestra en condiciones normales y por diferencia de peso después de ser sometida al horno se obtiene el porcentaje de humedad.

Cenizas. Previo a realizar el análisis de cenizas, se sometió a la muestra bajo el procedimiento AOAC 952.08 para determinar humedad. El contenido de minerales totales (cenizas) se lo determinó usando el método oficial AOAC 923.03 por incineración en seco, la temperatura del horno que fue designada según la metodología fue de 500°C y se utilizó como principio diferencia de peso.

Proteína cruda. El método de análisis fue el método Kjeldahl (AOAC 2011.11). Este indica la cantidad de nitrógeno orgánico presente en todas las proteínas, a través de un proceso de digestión con ácido sulfúrico, destilación de amoníaco y titulación con ácido clorhídrico. Además se utilizó un agitador magnético Thermo Scientific SP131325, Digestor FOSS Tecator 20 y Destilador FOSS Kjeltec 8100.

Fibra cruda. Este método determina la fibra cruda como residuo orgánico después de digerir con 0.255N H₂SO₄ y NaOH 0.313N. Los compuestos removidos son principalmente proteína, azúcar, almidón, lípidos, y las porciones de ambos carbohidratos estructurales y lignina. Este procedimiento se realiza mediante la técnica de bolsa de filtro A200, A2001.

Extracto etéreo. El análisis para la determinación de grasa AOAC 2003.06 es un método de extracción con solventes y se basa en la alta solubilidad de las grasas en solventes no polares (orgánicos). El solvente extrae la grasa de la muestra por arrastre, luego se evapora el solvente quedando como residuo la grasa de la muestra y esta se determina gravimétricamente.

Análisis Estadístico. Se usó un Diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo con 3 repeticiones por cada tratamiento. Los tratamientos evaluados fueron: almacenamiento de frijol en cocoon dentro de una bodega y almacenamiento de frijol en cocoon expuesto a condiciones ambientales. Se realizó un análisis de varianza y una separación de medias Duncan al 95% de significancia. Además, se realizó un análisis de correlación entre las variables. Para el análisis proximal se tomó datos en el día 0 de la semana 0, y al término de la semana 12. Los datos obtenidos durante el desarrollo del proyecto fueron analizados con el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.1[®])

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Temperatura. La diferencia al finalizar la toma de datos fue para el cocoon en bodega de 2.9 °C y para el cocoon bajo condiciones ambientales fue de 2.7 °C, en sentido opuesto a la humedad, es decir que si el grano es almacenado en un cocoon la temperatura tiende a disminuir ligeramente en el tiempo (Figura 1).

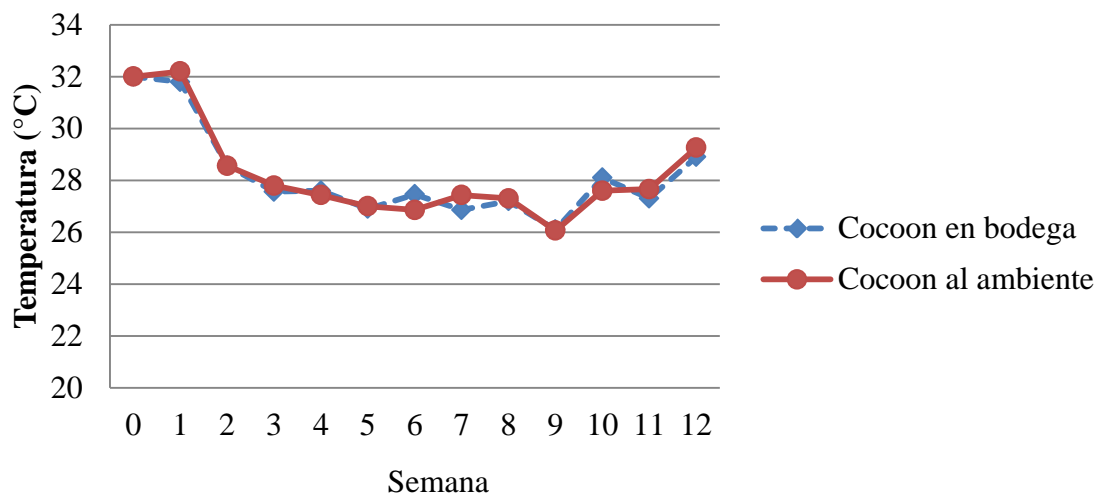


Figura 1. Comportamiento de la curva de temperatura (°C) del grano de frijol durante 12 semanas.

La temperatura no es una variable que presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Cuadro 1). Esto se dio debido a que el cocoon es una estructura impermeable, termoestable, que logró mantener constante dicha variable (Grain Pro 2013).

Color. El color en el día cero fue un tono 4, tono común en el frijol Amadeus 77 (PIF Zamorano, 2013), debido a la subjetividad de la observación de color en la cartilla para evaluar color del frijol (Melgar 2004); el grano mantuvo la misma tonalidad para los dos tratamientos al igual que en el tiempo. Según Taleón (2005) el frijol variedad Amadeus 77 es la variedad que mejor conserva la estabilidad de su color en el tiempo, lo cual corrobora la información empírica.

Daño Total. El daño inicial del frijol fue de 0.13%, durante el proyecto, el cocoon en bodega presentó un incremento en un 0.04% y el cocoon bajo condiciones ambientales un incremento de 0.1%, el sistema dentro de la bodega indica una mayor resistencia al

incremento de daño (Figura 2). No se observaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos (Cuadro 1). Sin embargo se puede observar un incremento de daño muy leve para ambos cocoons. Esto se debe a la estructura hermética de almacenamiento, ya que mantiene un bajo nivel de oxígeno, y un nivel de CO₂ alto debido a la propia respiración del grano y de los insectos presentes, el cual al ser superior al O₂ accesible asfixia a cualquier infestación presente (Grain Pro 2013).

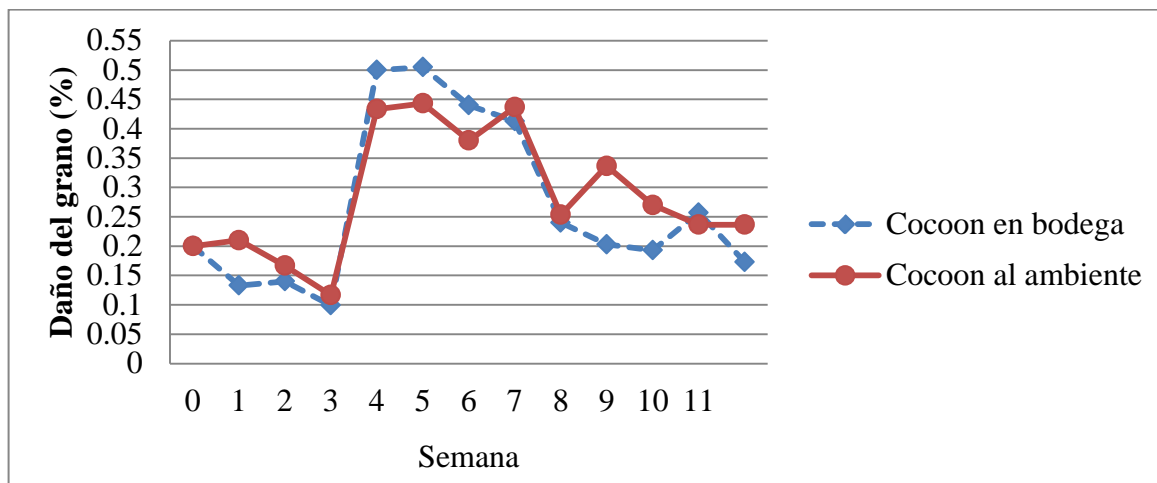


Figura 2. Comportamiento de la curva de temperatura (°C) del grano de frijol durante 12 semanas.

Tiempo de cocción. El tiempo de cocción del frijol tuvo como punto de partida 90 minutos para las dos muestras de los tratamientos. Se observó una tendencia al incremento ya que al término de la semana 12 el tiempo para determinar 100% de cocción del grano alcanzó 120 minutos, (Figura 3). Según un estudio realizado por Blandón (2010) determinó que entre el porcentaje de humedad y el tiempo de cocción presentaron una correlación negativa durante los días de almacenamiento en los que sometió a prueba. Lo cual indica que a medida que incrementa la humedad del grano, disminuye el tiempo de cocción, lo mencionado no concuerda con este estudio ya que el efecto fue en sentido opuesto, pero se lo corrobora con un estudio realizado por Cabrera (2007) quien indicó que existe una correlación positiva entre el tiempo de cocción y la humedad del grano; es decir a medida que aumenta la humedad del grano, también incrementa el tiempo de cocción del mismo.

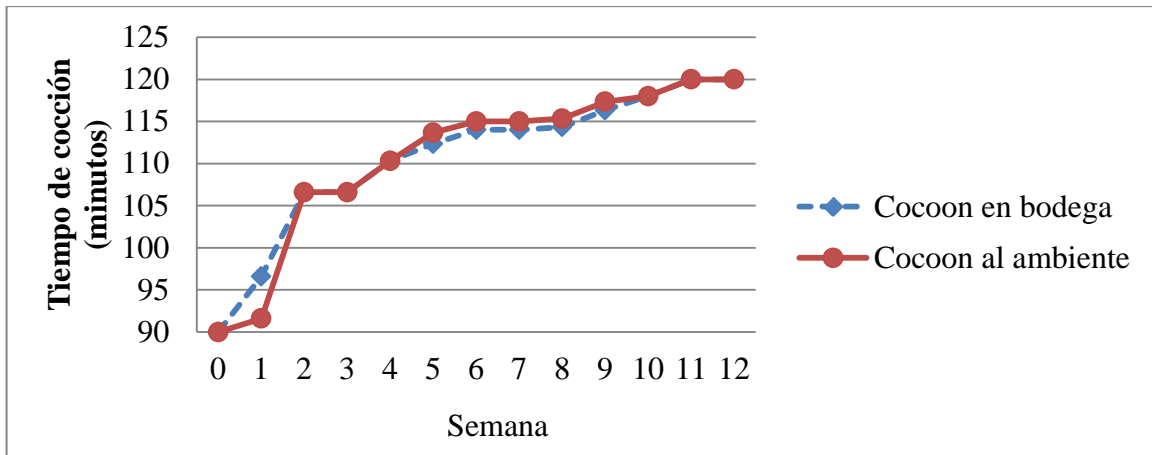


Figura 3. Comportamiento de la curva de tiempo de cocción (minutos) del grano de frijol durante 12 semanas.

El frijol ya sea almacenado en un cocoon dentro de una bodega o expuesto al ambiente no presenta diferencia estadística en el tiempo entre variables (Cuadro 1).

Humedad del grano frijol. Al iniciar el proyecto el contenido de humedad del frijol fue de 10.6% para los dos tratamientos. En este proyecto la humedad incrementó en el tiempo para el cocoon en bodega en un 0.5%, y para el cocoon bajo condiciones ambientales en 0.8% (Figura 4).

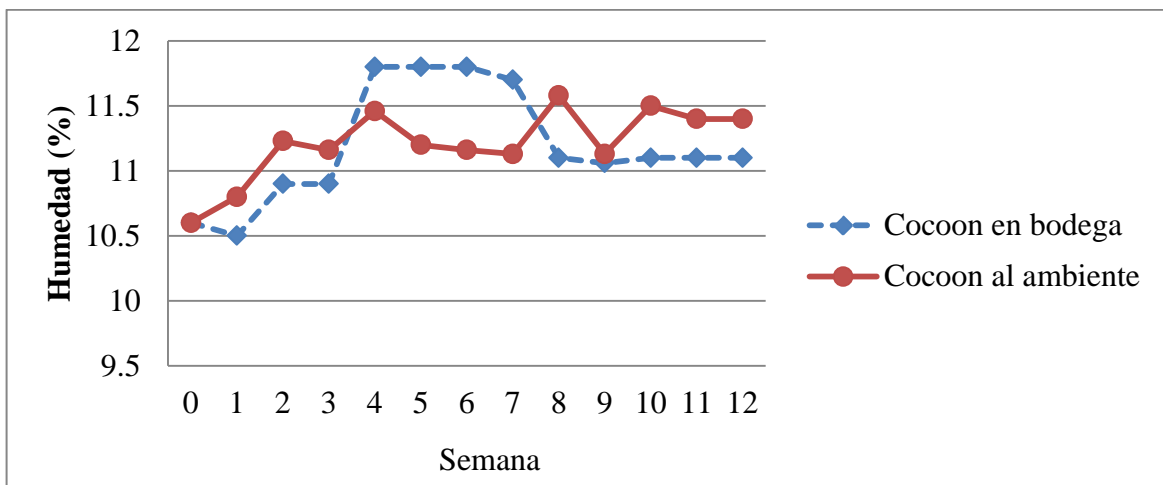


Figura 4. Comportamiento de la curva de humedad (%) del grano de frijol durante 12 semanas.

Según un estudio realizado por Blandón (2010) la humedad del grano en bodega y Cocoon tiende a disminuir. Se dedujo que esto se debió a que no hubo exposición a altas temperaturas ni humedad relativa extrema y que además el frijol no recibió entradas de aire seco, no hubo desplazamiento de agua fuera del grano. Al término de la evaluación se

observó que la humedad al ser comparada entre ambos sistemas de almacenamiento no presenta una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 1), sin embargo, es la única variable que al ser analizada presentó una interacción trt-tiempo ($P=0.0001$) por lo cual se realizó separación de medias cada dos semanas en las que se observó la diferencia estadística de la interacción (Cuadro 2).

Cuadro 1. Comparación de dos sistemas de almacenamiento de frijol, durante dos semanas.

	Temperatura±D.E* (°C)	Humedad±D.E* (%)	Daño±D.E* (%)	Cocción±D.E* (minutos)
TRT 1	27.5±0.85	11.3±0.37	0.2±0.16	113.8±4.78
TRT 2	27.5±0.91	11.3±0.23	0.3±0.16	114.3±4.74
% C.V.	3.16	5.44	32.33	6.48

TRT 1: Cocoon en bodega, TRT2: Cocoon a la intemperie.

%C.V: Coeficiente de variación, *D.E: Desviación estándar.

No hubo diferencia estadística entre las variables/TRT ($P>0.05$).

Cuadro 2. Interacción entre humedad y tiempo de almacenamiento del frijol variedad Amadeus 77.

	Humedad (%) ± D.E.*						
	Semana 0	Semana 1-2	Semana 3-4	Semana 5-6	Semana 7-8	Semana 9-10	Semana 11-12
TRT 1	10.6±0 ^a	10.70±0.23 ^b	11.3±0.49 ^a	11.81±0.04 ^a	11.43±0.3 ^a	11.1±0.09 ^b	11.13±0.08 ^b
TRT 2	10.6±0 ^a	11.01±0.27 ^a	11.3±0.26 ^a	11.18±0.18 ^b	11.43±0.3 ^a	11.3±0.23 ^a	11.4±0.08 ^a

TRT 1: Cocoon en bodega, TRT 2: Cocoon a la intemperie.

*D.E: Desviación estándar.

^{ab} Medias con la diferente letra en la misma columna, no son estadísticamente iguales (P<.0001).

En las semanas 1-2, 5-6,9-10,11-12, se observó diferencia estadística, es decir que el tiempo influyó en la variable humedad en el tratamiento. Esta mínima fluctuación se atribuye al analista en cuanto a la toma de muestra, ya que al ser tomada de diferentes partes correspondientes a una misma observación no fue homogénea cada semana, se ocasionó dicha variación ya que la humedad pudo haberse concentrado en algunos puntos más que en otros.

Correlaciones. Se realizó un análisis de correlación entre cada una de las variables evaluadas, temperatura, humedad, daño y tiempo de cocción en el tiempo de almacenamiento del grano (Cuadro 3).

Cuadro 3. Análisis de correlación entre el tiempo de almacenamiento, temperatura, humedad, daño y tiempo de cocción del frijol variedad Amadeus 77.

Tiempo de almacenamiento	Temperatura	Humedad	Daño	Tiempo de cocción
TRT 1	-0.390	0.130	-0.039	0.901
	0.017	0.440	0.817	<.0001
TRT 2	-0.360	0.450	0.077	0.859
	0.027	0.005	0.652	<.0001

TRT 1: Cocoon en bodega, TRT 2: Cocoon a la intemperie.

Coefficiente de Pearson $P > |r|$

Se observó que entre el tiempo de almacenamiento y la variable temperatura existe una correlación baja negativa, cocoon en bodega ($P=0.0179$) y cocoon al ambiente ($P=0.0279$), es decir que a mayor temperatura disminuye el tiempo en el que debe almacenarse el frijol. Se determinó que para el cocoon en bodega no existe correlación entre la humedad del frijol y el tiempo de almacenamiento, ($P=0.44$), a diferencia del cocoon expuesto a la intemperie en el cual se observó una correlación baja positiva ($P=0.0057$) es decir que a medida que aumenta la humedad de la leguminosa disminuye el tiempo en el que se debe mantener almacenado el grano.

En el caso de ambos sistemas de almacenamiento no existe correlación, cocoon en bodega ($P=0.8177$) y cocoon al ambiente ($P=0.652$). En los dos tratamientos se estableció que existe una correlación positiva entre el tiempo de almacenamiento y el tiempo de cocción, es decir que a medida que incrementa el tiempo de almacenamiento del grano, también lo hace el tiempo de cocción del mismo. ($P=0.0001$). El tiempo de almacenamiento de los granos es uno de los factores más determinantes para establecer el tiempo de cocción de un grano el cual es considerado un indicador de calidad y de aceptación del mismo por el consumidor. Se ha establecido que el tiempo máximo ideal de cocción aceptable es de 120 minutos; por lo tanto, se obtuvieron dos ecuaciones que permiten determinar el tiempo de cocción del frijol cuando es sometido bajo las condiciones de almacenaje detalladas a continuación para cada tratamiento. La ecuación 1 de regresión lineal se estableció para determinar tiempo de cocción del cocoon en bodega, y la ecuación 2 de regresión lineal se

determinó para calcular el tiempo de cocción de frijol del cocoon expuesto a la intemperie.

$$Y=90.6 + (1.54X)+ (-0.78W)+ (2.99Z) \quad [1]$$

$$R^2 \text{ ajustado} = 0.8993$$

$$\text{Pr} < F = 0.0001$$

Y= Tiempo de cocción del frijol.

X= Tiempo de almacenamiento.

W=Temperatura.

Z= Humedad.

$$Y=124.86 + (2.86X)+ (-2.19W) \quad [2]$$

$$R^2 \text{ ajustado} = 0.8719$$

$$\text{Pr} < F = 0.0001$$

Y= Tiempo de cocción del frijol.

X= Tiempo de almacenamiento.

W=Temperatura.

Análisis químico. Los análisis realizados fueron humedad, ceniza, proteína cruda, fibra cruda y carbohidratos totales, al día cero de la investigación, y se completó con otro análisis de los mismos factores al llegar a la semana 12 para observar si hay tendencia de cambios en la composición del grano debido a su almacenamiento en un cocoon (Cuadro 4 y 5).

Cuadro 4. Separación de medias del análisis proximal del frijol variedad Amadeus 77, proteína, carbohidratos y fibra.

	Proteína(%) ± D.E*		Carbohidratos(%) ± D.E*		Fibra(%) ± D.E*	
	Semana 0	Semana 12	Semana 0	Semana 12	Semana 0	Semana 12
TRT 1	23.22±0.46	24.99±01.16	61.62±0.24	60.52±0.84	3.770±0.37	3.58±0.15
TRT2	22.69±0.20	24.27±1.07	61.33±0.10	61.81±0.52	3.44±0.34	3.53±0.09
%C.V.	1.87	4.37	0.37	1.54	10.25	3.27

TRT 1: Cocoon en bodega, TRT2: Cocoon a la intemperie.

%C.V: Coeficiente de variación, *D.E: Desviación estándar.

No hubo diferencia estadística entre las variables ni por tratamiento, ni a través del tiempo.

Para verificar la veracidad de los datos obtenidos se comparó con un análisis proximal de frijol rojo publicado por la FAO, el cual indica la siguiente información: grasa 1.6%, proteína 22%, humedad 12%, ceniza 3.6%, fibra cruda 4.3% y CHO's 60.8%. Se observó que todos los valores van acorde a la literatura consultada excepto el contenido de fibra para ambos tratamientos y grasa en el tratamiento 1.

Proteína. El contenido de proteína para ambos tratamientos no es significativamente diferente, al igual que la cantidad determinada en el tiempo (Cuadro 4) que tampoco presenta diferencia estadística entre ellas.

Carbohidratos. El contenido de carbohidratos para los dos tratamientos no es significativamente diferente, al igual que la cantidad determinada en el tiempo (Cuadro 4) ya no se observa diferencia estadística entre ellas.

Fibra. El bajo contenido de fibra del grano se puede atribuir al mismo hecho de haber utilizado un molino, ya que las pequeñas partículas que se obtienen probablemente se perdieron en el paso de filtrado, lo cual no permitió cuantificar el verdadero contenido de fibra del grano; el 8% de la testa del grano es donde se encuentra el mayor contenido de fibra (Bueso, 2012), varias partículas de la testa fueron separadas del grano debido al proceso de molienda. No se observó diferencia estadística entre los tratamientos, ni en el tiempo (Cuadro 4).

Cuadro 5. Separación de medias del análisis proximal del frijol variedad Amadeus 77, grasa, humedad y ceniza.

	Grasa(%) ± D.E*		Humedad(%) ± D.E*		Ceniza(%) ± D.E*	
	Semana 0	Semana 12	Semana 0	Semana 12	Semana 0	Semana 12
TRT1	0.42±0.11 ^{a(x)}	1.34±0.78 ^{a(x)}	10.13±0.26 ^{b(x)}	10.21±0.92 ^{a(x)}	4.6±0.19 ^{a(x)}	4.28±0.02 ^{a(y)}
TRT2	0.52±0.08 ^{a(x)}	1.42±0.48 ^{a(y)}	11.01±0.25 ^{a(x)}	9.69±0.56 ^{a(y)}	4.43±0.08 ^{a(x)}	4.22±0.00 ^{b(y)}
%C.V.	22.6	42.1	5.02	7.45	3.54	0.86

TRT 1: Cocoon en bodega, TRT 2: Cocoon a la intemperie.

%C.V: Coeficiente de variación, *D.E: Desviación estándar.

ab Medias con la misma letra son estadísticamente iguales (P>0.05),

(x)Letras diferentes entre paréntesis indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

Grasa cruda. El bajo porcentaje de grasa mostrado en los resultados de ambos tratamientos al realizar el análisis correspondiente a la semana 0, se obtuvo debido a que se utilizó un molino de tipo manual por lo tanto las partículas tenían un tamaño ≥ 1 mm, lo cual causó dificultad en la extracción de la grasa cruda del grano, mientras que en la semana 12 para ambos tratamientos el molino fue eléctrico, lo cual facilitó la obtención de grasa correctamente ya que el método para extracción de grasa cruda AOAC 2003 06 determina que el tamaño ideal de las partículas debe ser de 0.75mm a 1mm, al utilizar dicho molino se cumplió con el requerimiento (Cuadro 5).

Humedad. Se observa que los datos son estadísticamente diferentes en la semana 0 para ambos tratamientos a los que fue sometido el frijol, además en el tiempo se observa medias significativamente diferentes en cada tratamiento (Cuadro 5).

Ceniza. Se apreció en los datos (Cuadro 5), que hay diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos 1 y 2 en la semana 12, ya que la cantidad de ceniza obtenida en el tratamiento 2 es menor a la correspondiente al tratamiento 1. Para los dos sistemas de almacenamiento se observó diferencia estadística significativa en el tiempo con una tendencia decreciente, dicha diferencias se atribuye a la falta de control en la toma de muestra ya que no se alcanza una homogeneidad en el punto evaluado, debido a que dicho muestreo se realiza al azar en un sector del saco o costal y parte del objeto a observar puede estar más propenso en cuanto a su exposición a condiciones naturales externas, lo cual causa variación en los resultados.

Costo de almacenamiento. El costo de almacenamiento es un factor determinante de la calidad y para establecer el precio del grano. El productor busca la manera más eficiente de almacenar frijol a un bajo costo. Se analizó dicho costo basado en el tiempo de duración del estudio (12 semanas), y en ambos tratamientos (Cuadro 6), el cocoon al ambiente presentó menor costo de almacenamiento dentro de los parámetros considerados (depreciación de estructura y cocoons), ya que no hay diferencias estadísticas significativas entre sistemas de almacenaje, se podría considerar el cocoon expuesto al ambiente como una mejor opción con base en lo analizado.

Cuadro 6. Costo de almacenar 1 qq de frijol basado en dos tratamientos.

	Costo unitario de almacenamiento (\$ (diario))	Costo de almacenamiento (\$ (12 semanas))
TRT 1	0.0380	0.45
TRT 2	0.0025	0.21

TRT 1: Cocoon en bodega, TRT 2: Cocoon a la intemperie.

El costo más bajo se observó en el cocoon expuesto al ambiente, debido a que no implica el uso de una estructura adicional para almacenar el grano, además entre ambos

almacenamientos no se observa diferencia estadística significativa en cuanto a mantener la calidad del grano. El costo entre un cocoon al ambiente representa el 46.6% del costo de un cocoon dentro de una bodega

4. CONCLUSIONES

- La calidad del frijol almacenado en un cocoon ubicado en una bodega, en comparación con un cocoon expuesto a la intemperie no se vio afectada estadísticamente en el estudio.
- Se observó que los factores como tiempo de almacenamiento, temperatura y humedad afectaron significativamente en el tiempo de cocción del grano para el cocoon en bodega; para el cocoon expuesto a la intemperie los factores que afectaron fueron tiempo de almacenamiento y temperatura.
- La calidad nutricional del grano no se vio afectada por los sistemas de almacenaje a los que fue sometido durante el tiempo de estudio.
- Se observó que los tratamientos aplicados al cocoon no afectaron la calidad del almacenamiento del frijol, siendo esta CA 1 durante todo el estudio, lo que indica que es preferible almacenar frijol en un cocoon expuesto a la intemperie ya que los costos son menores, en comparación a los costos de un cocoon ubicado dentro de una bodega.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda almacenar frijol en un cocoon ubicado a la intemperie durante 12 semanas.
- Realizar un estudio analizando las mismas variables; con mayor tiempo de duración del período de almacenamiento (1 año).
- Realizar un análisis proximal con mayor espacio de tiempo entre el inicio y finalización del período de almacenamiento.

6. LITERATURA CITADA

AOAC (association of analytical communities) Method 2001.11. 2005. Protein (Crude) in Animal Feed, Forage (Plant Tissue), Grain, and Oilseeds. Block Digestion Method Using Copper Catalyst and Steam Distillation into Boric Acid.

AOAC (association of analytical communities). Method 2003.06. 2006. Crude fat in feeds, cereal grains, and forages. Randall /Soxtec /Hexanes Extraction-Submersion Method.

AOAC (association of analytical communities) Method 962.09.2010. Fiber (Crude) in Animal Feed and Pet Food. Ceramic Fiber Filter Method.

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. Tesis Ing. Agri., Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 30p.

Bueso, J. 2012. Estructura y composición química de los granos. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana.

Cabrera, M. 2007. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris*) almacenado en la Escuela Agrícola Panamericana. Tesis Ing. Agroindustria Alimentaria. Tegucigalpa, Honduras. 23 p

FAO (Food and Drug Administration). 1985. Guía práctica para manejo y operación de equipo de control de calidad de granos básicos. Departamento de agricultura. 1 ed. Tegucigalpa, Honduras, 1,17 p.

Grain Pro. 2013. Grain Pro Flood Protected Self-Verifying Cocoon™ (en línea). Consultado el 07 de septiembre 2013. Disponible en <http://www.grainpro.com/?page=grainpro-self-verifying-cocoon>

Lizarazo, J. 1997. Sistemas de calidad armonizado para las operaciones entre bolsas de productos en centroamerica arroz cascara arroz elaborado frijol maiz sorgo soya. 2-13 p. IICA.

Melgar, H. 2004. Desarrollo de una escala calorimétrica digital de triple estímulo para grano de frijol rojo centroamericano. Tesis Ing. Agroindustria Alimentaria. Tegucigalpa, Honduras. 23 p.

Pacheco, Y. 2013. Venta de cosecha de frijol rojo 2011-2012 (en línea). Consultado el 16 de mayo 2013. Disponible en <http://www.ihma.gob.hn/noticias-ihma/venta-de-cosecha-de-frijol-rojo-2011-2012>.

Reyes, B., Maredia, M., Bernsten, R. 2012. Variedades mejoradas de frijol en Centro América y Ecuador generan beneficios económicos a agricultores. Dry Grain Pulses Collaborative Research Support Program .4p.

Taleón, V.2005. Efecto de la temperatura de almacenamiento en la estabilidad del color del grano de frijol rojo. Tesis Ing. Agi., Tegucigalpa, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. 32p.