

**Evaluación del efecto de las condiciones de
almacenamiento en el Instituto Hondureño de
Mercadeo Agrícola (IHMA) sobre la calidad
de frijol (*Phaseolus vulgaris*)**

Franklin Alexander Meggs Salguero

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Evaluación del efecto de las condiciones de
almacenamiento en el Instituto Hondureño de
Mercadeo Agrícola (IHMA) sobre la calidad
de frijol (*Phaseolus vulgaris*)**

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

Presentado por:

Franklin Alexander Meggs Salguero

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2009

**Evaluación del efecto de las condiciones de
almacenamiento en el Instituto Hondureño de
Mercadeo Agrícola sobre la calidad de frijol
(*Phaseolus vulgaris*)**

Presentado por:

Franklin Alexander Meggs Salguero

Aprobado:

Edward Moncada, M.A.E.
Asesor principal

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

Juan Carlos Rosas, Ph.D.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

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

RESUMEN

Meggs, F. 2009. Evaluación del efecto de las condiciones de almacenamiento en el Instituto Hondureño de Mercadeo Agrícola (IHMA) sobre la calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris*). Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Zamorano, Honduras. 33 p.

Siendo el frijol un grano de suma importancia en Honduras por su aporte nutricional y proteico, es necesario mantener su calidad durante el almacenamiento, protegiéndolo de factores que pueden afectar su coloración. El tiempo de cocción que son los parámetros fundamentales tomados en cuenta al momento de la compra y venta. El estudio se realizó en un período de 230 días, monitoreando siete estibas, mediante la toma de muestras de 2 kg para la determinación de la humedad, daños por calentamiento, total de grano dañado, tiempo de cocción y color $L^*a^*b^*$, variables que fueron analizadas mediante un diseño DCA. Se correlacionaron el tiempo de cocción con el contenido de humedad, total de grano dañado, color $L^*a^*b^*$; y el tiempo de cocción con la temperatura y humedad relativa de las bodegas. Estadísticamente el tiempo de almacenamiento tuvo efecto sobre el contenido de humedad del grano ($Pr > F: <0.0001$), el cual disminuyó de un 14 a un 12.2%. Se observó un aumento en el daño total del grano ($Pr > F: <0.0001$) en 1.86%. El tiempo de cocción aumentó de 60 min al inicio a 131 min al final del estudio ($Pr > F: <0.0001$). Existió correlación negativa (-0.9585, -0.8514, -0.9047, -0.9231) entre el contenido de humedad, el color L^* , el color a^* y el color b^* , demostrando que a menor humedad y valores L^* , a^* y b^* aumenta el tiempo de cocción. Además se encontró una correlación positiva (0.902) entre el total de grano dañado, indicando que a mayor daño total mayor fue el tiempo de cocción. De acuerdo a las condiciones presentadas actualmente por las bodegas del IHMA, se demostró por medio de una regresión lineal ($Y=0.323x+51.87$) que el tiempo máximo de almacenamiento del frijol son ocho meses, tomando en cuenta el tiempo máximo de cocción.

Palabras clave: color, correlación, humedad, tiempo de cocción.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de cuadros, figuras, fórmulas y anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	10
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	14
5. CONCLUSIONES.....	26
6. RECOMENDACIONES	27
7. BIBLIOGRAFÍA.....	28
8. ANEXOS.....	30

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS FÓRMULAS Y ANEXOS

Cuadro

1. Composición estructural de los granos.....	5
2. Rangos de color en la escala L*a*b* para frijol de grano rojo.	7
3. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para el porcentaje de humedad de frijol.....	14
4. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para porcentaje de grano dañado por insectos.	15
5. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para el porcentaje de grano de frijol dañado por hongos.....	16
6. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para el porcentaje de daño por calentamiento en frijol.....	17
7. Análisis de varianza y separación de medias Duncan del total de grano de frijol dañado durante el almacenamiento de 230 días.	18
8. Análisis de varianza y separación de medias Duncan del tiempo de cocción en minutos del frijol comercial almacenado en bodegas del IHMA.	20
9. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para la escala de color L*a*b* de frijol rojo.....	21
10. Correlaciones entre tiempo de cocción y humedad del grano, total de grano dañado y color L*a*b*..	23
11. Correlaciones entre tiempo de cocción y temperatura de almacenamiento y humedad relativa de las bodegas del IHMA.....	24

Figura

1. Disminución del porcentaje de humedad del frijol rojo a través del tiempo.....	15
2. Análisis del comportamiento del porcentaje de daño por insectos en el grano de frijol rojo.....	16
3. Análisis del comportamiento del porcentaje de daño causado por hongos a través del tiempo en el grano de frijol rojo.....	17
4. Incremento del daño por calentamiento del frijol rojo comercial en almacenamiento.....	18
5. Incremento del total de grano dañado durante el almacenamiento de granos comerciales de frijol rojo.....	19

6. Aumento del tiempo de cocción versus el tiempo de almacenamiento de frijol comercial rojo.	20
7. Análisis de claridad (L^*) del grano de frijol rojo almacenado durante 230 días.....	21
8. Análisis del valor (a^*) del grano de frijol rojo almacenado durante 230 días.....	22
9. Análisis del valor (b^*) del grano de frijol rojo almacenado durante 230 días.	23
10. Aumento del tiempo de cocción del grano de frijol a través del tiempo en un período de 230 días.....	25

Fórmula

1. Fórmula para determinar el número de sacos a muestrear por estiba de frijol.	11
2. Regresión lineal para determinar el tiempo máximo de almacenamiento de frijol en bodegas del IHMA	24

Anexo

1. Secuencia analítica de análisis de calidad de granos.....	30
2. Tabla de lecturas de humedad y correcciones por temperatura en "Motomco".	31
3. Formato para análisis de laboratorio de granos	32
4. Temperatura promedio quincenal bodegas del IHMA en un período de 230 días.....	33
5. Humedad relativa promedio en bodegas del IHMA en un período de 230 días	33

1. INTRODUCCIÓN

El mercado actual exige productos de alta calidad; en el caso del frijol (*Phaseolus vulgaris*) se sabe que es un grano con un alto nivel de consumo a nivel nacional e internacional. La cosecha es un factor muy importante, sin embargo, el punto crítico del frijol así como el de otros granos es el almacenamiento, ya que este es el que determina la calidad final del frijol con la cual va a llegar al consumidor final. Factores como tiempo de cocción, color, porcentaje de grano dañado, entre otros, son variables por las cuales el consumidor se ve influenciado al momento de realizar la compra de dicho grano. El acondicionamiento del grano determinará los factores mencionados anteriormente; factores como temperatura, humedad relativa son de influencia directa sobre los granos almacenados así como daños por roedores y hongos (Cabrera 2007).

Uno de los principales atributos de compra para el frijol es el color, característica generada por la genética de la planta y es susceptible a cambios debido a temperatura, presencia de oxígeno, humedad relativa y luz. El oscurecimiento del grano conlleva pérdidas para el productor por reducción de precio y poca competitividad en mercados selectivos (Carabante 2008).

Además de la coloración en el frijol el tiempo de cocción es otro atributo muy tomado en cuenta para la compra; ya que según Mora (1982) el aumento en el tiempo de cocción es uno de los problemas más graves que se presentan durante el almacenamiento del frijol. El aumento en el tiempo de cocción trae consigo como consecuencias: la menor aceptabilidad por el consumidor, mayor gasto de energía y tiempo para su preparación, pérdida de valor nutritivo en casos extremos, por ende, pérdida total de su valor comercial.

En este grano el tiempo de cocción se puede aumentar mucho durante el almacenamiento. En general, entre mayor sea el contenido de agua del grano y mayores sean las temperaturas y tiempo de almacenamiento, mayor es el aumento del tiempo de cocción del frijol (Mora 1997).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Honduras cuenta con el Instituto Hondureño de Mercadeo Agrícola (IHMA) que se dedica a almacenar granos como reserva estratégica para afrontar cualquier contingencia, desastre o desbalance de precios. Como el alza en el precio que se reportó en noviembre del 2008 por la Secretaría de Agricultura y Ganadería, debido a que un país vecino no tenía suficiente grano para abastecer a su población a causa de inundaciones y se vio obligado a comprar frijol en Honduras causando un desbalance en el precio. Para que Honduras no sufra un problema similar, mantiene su reserva estratégica pero este grano debe de mantener su calidad al momento de salir a la venta, para ello el IMHA necesita información acerca de los efectos que genera el almacenamiento sobre la calidad del frijol y así poder monitorear el comportamiento del mismo.

1.2 ANTECEDENTES

Enamorado (2007), observó que la pérdida de humedad en el transcurso del tiempo en el que evaluó frijol almacenado con una humedad inicial de 14% y al final del estudio 240 días después, el contenido de humedad fue de 12.19%, almacenado a una temperatura promedio de 29 °C y 69% de humedad relativa.

Un estudio realizado por Mora (1982), evaluó el tiempo de cocción de frijol almacenado durante 18 meses. Utilizando temperaturas de 15, 20 y 25 °C, determinó que el contenido de humedad se mantuvo durante el ensayo y en promedio fue 9.2, 12.2 y 15.5 respectivamente. Además indica que si el frijol es consumido durante los primeros 6 meses después de la cosecha, no es necesario prestarle mucha atención a las condiciones de almacenamiento. Luego de 7 meses de almacenamiento, el tiempo de cocción del frijol aumentó hasta 10 ó 12 meses. A partir de ese momento, el tiempo de cocción aumentó solo en el frijol con 15.5% de humedad mantenido a 25 °C a un ritmo menor.

El comportamiento del frijol con 9.2% de humedad fue similar en las tres temperaturas de almacenamiento. Durante el primer año hubo un aumento de 82 a 135 a 150 minutos disminuyendo después hasta los 105 minutos. El frijol con 12.2% de humedad fue similar a los del frijol con 9.2%, excepto que hacia el final del ensayo el tiempo de cocción fue mayor.

Cabrera (2007), determinó que en los primeros tres meses de almacenamiento el daño total en frijol no se encontró diferencia; el daño fue aumentando a lo largo de los primeros tres meses. Además, fue el porcentaje de calentamiento que más aumento (4.2%) por las temperaturas máximas (30-33 °C) que se alcanzaron durante este período de tiempo que al final se vieron reflejadas en el daño total del frijol.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Proporcionar información sobre las condiciones de almacenamiento del frijol y los parámetros de calidad que más se ven afectados a través del tiempo; y utilizar esta información para mantener la calidad del frijol en próximas reservas. Siendo de gran importancia el mantenimiento de la calidad para evitar pérdidas económicas y riesgos de escases y seguridad alimentaria del país.

1.4 LIMITES DEL ESTUDIO

- La evaluación se limitó únicamente durante 230 días en las bodegas del IHMA.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

- Determinar la calidad de frijol (*Phaseolus vulgaris*) almacenado en las bodegas del IHMA teniendo en cuenta la influencia de factores físicos y químicos durante 230 días de almacenamiento.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Evaluar la calidad del frijol almacenado en las bodegas del IHMA de Tegucigalpa, en un periodo de 230 días.
- Relacionar resultados de los análisis físicos y químicos para determinar qué factores afectan la calidad y el tiempo de cocción del frijol rojo.
- Proyectar el tiempo máximo de almacenamiento con base en el tiempo de cocción.
- Determinar qué parámetros de calidad se ven más afectados en un período de 230 días de almacenamiento.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 IMPORTANCIA DEL FRIJOL EN HONDURAS

El frijol común (*Phaseolus vulgaris*), es un alimento de gran importancia económica y social para muchos países latinoamericanos. Los frijoles son una importante fuente de proteína vegetal para la población, fundamentalmente en áreas rurales, a la vez es una fuente de ingresos para los pequeños productores. En Honduras, dentro de los granos básicos, el frijol ocupa el segundo lugar después del maíz, tanto por la superficie sembrada como por la cantidad que consume la población (38.1 g/persona/día).

Según el Instituto Nacional de Estadística (2007), los resultados estadísticos del ciclo de postrera y validación de primera 2007/08 del cultivo de frijol indica que para el ciclo de postrera se espera una producción de 1.2 millones de quintales, la cual sería 23.6% superior a la del ciclo postrera anterior (970.6 miles de quintales). En el ciclo de primera, los resultados expresan que la producción de frijol alcanzó la cantidad de 305.9 miles de quintales. Esta producción se manifestó 16.3% inferior a la registrada en el ciclo de primera del año agrícola 2006 - 2007 (365.5 miles de quintales).

De acuerdo con los resultados de los dos ciclos, la producción de frijol para el año 2007 - 2008 sería de 1.49 millones de quintales, superando en 11.2% a la del año agrícola anterior (1.34 millones de quintales).

Según la Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG) (2009), la reserva estratégica de frijol saldrá a la venta al comercio interno como externo a un precio que oscilará de 550 a 600 lempiras el quintal, Para este año la producción de primera se estima en más de 10 millones de quintales en granos básicos, de los cuales en frijoles se obtendrán cerca de 690 mil quintales; para postrera la SAG ya está trabajando en la distribución de 58 mil Bonos Tecnológico Productivo (BTP) en las distintas zonas productivas de Honduras.

El grano de frijol es un componente esencial en la dieta de la mayoría de la población rural, y en algunos casos la urbana, de los países productores más pobres o en vías de desarrollo. En estos casos representa la fuente principal de proteínas. El contenido proteico de este valioso grano supera al de muchos alimentos incluyendo a los huevos y la carne de res. El valor nutricional de esta proteína es muy alto debido al mayor contenido de aminoácidos esenciales si se le compara con el maíz y la papa, además es ligeramente superior que la carne de pollo (Rosas 1998).

Cuadro 1. Composición química de los granos.

Especie	Agua %	Proteína (g)	Lípidos (g)	Carbohidratos (g)	Cenizas (g)
Frijol rojo	10.4	22.5	1.5	61.9	3.7
Frijol negro	11.2	22.3	1.5	61.2	3.8
Maíz	13.8	8.9	3.9	72.2	1.2
Arroz (no procesado)	12	7.5	1.9	77.4	1.2
Centeno	11	12.1	1.7	73.4	1.8
Sorgo	11	11	3.3	73.3	1.7
Soja	10	34.1	17.7	33.5	4.7
Trigo	13	14	2.2	69.1	1.7

Fuente: Watt y Merrill (1963), adaptado por el autor.

2.2 CONSUMO DE FRIJOL EN HONDURAS

En Honduras se consume principalmente el frijól rojo pequeño de muchas variedades. Las preferencias del consumidor hondureño están basadas principalmente en: el color, tamaño del grano, sabor y el tiempo de cocción. Puede decirse que este grano se considera un elemento difícilmente sustituible en la dieta de la familia hondureña. Alrededor del 80% del grano se cultiva como monocultivo, que es el sistema de siembra mayormente utilizado por los productores, seguido de las siembras de relevo bajo maíz y en asociación con otros cultivos, principalmente maíz y sorgo.

La encuesta básica del INE (Instituto Nacional de Estadística) en noviembre de 2006 indica que el consumo per cápita de frijol es de 38.1 g/persona/día, que ocasiona una demanda nacional por año de aproximadamente 2.18 millones de quintales de frijol (98,911 de toneladas métricas)

2.3 COSECHA Y TRILLA

Las plantas de frijol se encuentran en condiciones aptas para ser arrancadas desde el momento en que las vainas comienzan a cambiar su color natural a un color café amarillento. Este momento se conoce con el nombre de madurez fisiológica donde el grano alcanza su máximo tamaño. De ahí en adelante la planta entra en el proceso de secado, durante el cual se produce una pérdida uniforme y natural de la humedad del grano hasta niveles en que se puede considerar seco (FAO 1984). Según Rosas (2003), el secado permite que las vainas se abran con facilidad el momento de la trilla, y los granos contengan aproximadamente 14% de humedad.

El desgrane o trilla en áreas pequeñas se realiza a mano, golpeando con palos los montones de plantas secas, actividad conocida por los productores como aporreo. Posteriormente, el grano con los residuos de la cosecha es limpiado al dejarlo caer desde cierta altura, permitiendo que el viento arrastre el material extraño. En áreas mayores se utilizan trilladoras mecánicas, accionadas por motores o por la toma de fuerza del tractor, ubicadas en ciertos sectores del campo donde son alimentadas manualmente con los montones de plantas secadas al sol (Rosas 2003).

2.4 ALMACENAMIENTO

Una vez cosechado y limpio, el grano de frijol es llevado en sacos hacia el lugar donde se almacena hasta su consumo o venta. Previo al almacenamiento, es necesario reducir el contenido de humedad del grano a un 12-13%, a fin de asegurar su buena conservación durante el almacenamiento.

Los granos almacenados son afectados por factores físicos como la humedad y la temperatura, y biológicos como hongos, insectos y roedores. Se debe almacenar el grano de frijol con la humedad adecuada, y en un lugar ventilado y protegido de la intemperie. Las altas temperaturas y humedad favorecen el desarrollo de hongos e insectos y reducen la calidad fisiológica de la semilla (Rosas 2003).

Sólo se debe almacenar grano sano y limpio que ha sido secado a niveles seguros para su almacenamiento. Los granos rotos y pedazos de paja o basura incrementan los problemas del almacenamiento, y si el contenedor no es a prueba de insectos y humedad, aún los granos limpios y secos se pueden deteriorar. Habrá menos problemas si el grano está en buenas condiciones desde el principio (Limdblad y Druben 1986).

2.5 CALIDAD

Según la FAO (1996), el concepto de calidad abarca todos los demás atributos que influyen en el valor de un producto para el consumidor. Engloba, por lo tanto, atributos negativos, como estado de descomposición, contaminación con suciedad, decoloración y olores desagradables, adulteraciones, pero también atributos positivos, como origen, color, aroma, textura y métodos de elaboración de los alimentos.

El conocimiento o la determinación de la calidad de los granos está relacionado con el uso final de los mismos. Las exigencias de calidad que demandan las distintas aplicaciones que pueden tener los granos son muy diferentes. No es lo mismo la calidad demandada de un grano de maíz destinado a semilla que uno reservado para forraje. Es sabido que los granos reservados para ser empleados como semilla deben ser los de más alta calidad, entendiéndose en este caso su poder germinativo como el índice ideal de su medición. En una escala descendente se ubicarían los granos destinados a la molienda para alimentación humana (FAO 1996).

2.6 GRANO DAÑADO

En forma general se considera que un grano está dañado cuando presenta cambios evidentes en el color, olor o estructura y que estos cambios hayan sido provocados por la acción de agentes biológicos (microorganismos o plagas), por exposición a altas temperaturas durante el secado o por auto calentamiento, por bajas temperaturas (en el campo) o por otras causas no mecánicas. Sin embargo, en algunas definiciones se incluyen también las causas mecánicas, que normalmente son las que provocan el quebramiento de los granos, considerando entonces estos como granos dañados, aunque lo más frecuente es considerar a los granos quebrados como un factor aparte. Una razón para esto podría ser que, si se quisiera hacer, es relativamente fácil separar a los granos quebrados, lo que no sucede con otros granos como los dañados. Además, es diferente el efecto visual, la aceptación o las características para la industrialización (por ejemplo la acidez en las harinas), que tiene un grano dañado y uno quebrado (Mora 1997).

2.7 CLASIFICACIÓN POR COLOR

Melgar (2004) desarrolló una escala para clasificar el frijol rojo centroamericano (Cuadro 2), con el objetivo de ayudar a los comercializadores del producto a tener una herramienta útil para ajustar precios utilizando como parámetro el color. Con esta escala el frijol Rojo de Seda clasifica como un grado 1. Una clasificación inferior (de 2 a 9) causa una disminución en el valor comercial del producto.

Cuadro 2. Rangos de color en la escala $L^*a^*b^*$ para frijol de grano rojo.

Escala Propuesta	Rangos					
	L_1^*	L_2^*	a_1^*	a_2^*	b_1^*	b_2^*
1	21.2925	20.0563	14.4912	12.3400	3.8233	3.1745
2	20.0562	19.4381	12.3399	11.2643	3.1744	2.8500
3	19.4380	18.8199	11.2642	10.1886	2.8499	2.5255
4	18.8198	18.2017	10.1885	9.1129	2.5254	2.2010
5	18.2016	17.6002	9.1128	8.0372	2.2009	1.8765
6	17.6001	16.9820	8.0371	6.9615	1.8764	1.5520
7	16.9819	16.3638	6.9614	5.8858	1.5519	1.2275
8	16.3637	16.7456	5.8857	4.8101	1.2274	0.9030
9	15.7475	15.1274	4.8100	3.7344	0.9029	0.5785

Fuente: Melgar (2004)

L: 0-100 (0 es más negro y 100 es más blanco)

a^* : (Positivo = rojo, negativo = verde)

b^* : (Positivo = amarillo, negativo = azul)

2.8 HUMEDAD

Este término se refiere a la relación que existe entre la cantidad de agua y la de materia seca en el grano. Para efectos de comercialización, normalmente se habla de la relación entre la masa del agua contenida en el grano con respecto a la masa de la materia seca más el agua del mismo, expresada como un porcentaje. A esta relación se le conoce como porcentaje de contenido de agua en base húmeda.

El contenido de agua es una de las características más importantes en los granos, por su efecto en los mismos durante los diferentes procesos de cosecha y pos cosecha. Es necesario conocer el contenido de humedad para determinar el mejor momento de cosecha, para los procesos de secado, durante el almacenamiento y para el procesamiento de los granos. Por su estrecha relación con el crecimiento de microorganismos e insectos en los granos, es indispensable tener un control adecuado del contenido de agua en los mismos para disminuir los daños producidos por estos organismos. Otros tipos de deterioro de la calidad, como los cambios en el tiempo de cocción de los frijoles, también dependen en gran parte de los niveles de humedad. Además de todo esto, el comprador, además de otras características de calidad del grano, no está interesado en adquirir con el grano más agua que el mínimo indispensable para el manejo y procesamiento adecuado (Mora 1997).

2.9 TIEMPO DE COCCIÓN

En su concepto básico, el tiempo de cocción es el tiempo necesario que necesitan los granos de una muestra para que estén cocidos. Existen, sin embargo, varios detalles inherentes a su determinación que se deben tomar en cuenta a momento de hacer una definición.

Aunque el dato del tiempo de cocción puede ser importante en algunos granos como el maíz, donde en algunos procesos de fabricación de harinas se requiere del cocimiento del grano. En donde el parámetro adquiere una gran importancia es en el frijol. En este grano el tiempo de cocción puede aumentar mucho durante el almacenamiento. En general, entre mayor sea contenido de agua del grano y mayores sean las temperatura y tiempo de almacenamiento, mayor es el aumento del tiempo de cocción del frijol.

Los aumentos en el tiempo de cocción de los frijoles provocan desde diferentes grados de pérdida de valor nutritivo, lo cual, aunque son sumamente importantes pasan normalmente desapercibidos, hasta la pérdida total del grano cuando su tiempo de cocción es tan prolongado que es resulta totalmente inaceptable para cualquier uso. Grados intermedios de aumentos en tiempo de cocción provocan grandes cambios en la aceptación y precio de los mismos (Mora 1997).

El tiempo de cocción o endurecimiento del frijol es utilizado como factor de rechazo o aceptación en los diferentes mercados. Por lo tanto es muy importante realizar pruebas para evaluar el tiempo de cocción de las variedades comerciales (Valladares 1996).

2.10 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa también afecta los procesos metabólicos ya que mientras más humedad existe en el ambiente, el producto es más propenso a ganar humedad acelerando los procesos que ocurren en la testa (Enamorado 2007).

En el almacenamiento de granos es importante mantener la humedad relativa en un rango determinado con una humedad relativa del aire inferior al 65 % o el 70 %, se frenan o incluso se bloquean por completo muchos fenómenos de degradación de los granos (FAO 1993).

2.11 TEMPERATURA

La temperatura contribuye de manera determinante a acelerar o a retrasar los fenómenos complejos de transformación bioquímica (sobre todo la "respiración" de los granos) que están en el origen de la degradación de los granos. Tienen además una influencia directa sobre el ritmo de desarrollo de los insectos y de los microorganismos (mohos, levaduras y bacterias) y sobre la germinación precoz e intempestiva de los granos (FAO 1993).

El microclima que rodea al grano es afectado por la temperatura del ambiente que lo rodea. Esta temperatura cambia de acuerdo a los efectos de la radiación solar. Dependiendo de los materiales de construcción del almacén, la variación será más o menos pronunciada. En climas calientes la temperatura de algunas bodegas puede alcanzar niveles muy altos afectando el grano y la semilla almacenada. Si la temperatura en la noche es baja, la temperatura en el almacén tenderá a bajar; si la temperatura en el día es alta, la temperatura del almacén aumentará.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio se llevó a cabo en las bodegas del IHMA en Tegucigalpa, Honduras, con una altura de 990 msnm. Los análisis físicos y químicos se realizaron en el laboratorio de Tecnología de Granos y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), de la Escuela Agrícola Panamericana, Valle del Yegüare, Departamento de Francisco Morazán, Honduras.

3.2 MATERIALES

- Cristalería de laboratorio.
- Agua destilada.
- Medidor de humedad para muestras de 250g (SAMAP-O-TEST) probador de humedad MOTOMCO.
- Zarandas.
- Colorímetro Colorflex HunterLAB.
- Ollas con capacidad de 2.5 L.
- Higrómetro Cole Palmer.
- Termómetro Cole Palmer.
- Cronómetro.
- Estufa de gas.
- Balanza digital.
- Homogeneizador de granos.
- Tabla de Humedad.
- Muestreador de alvéolos.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Diseño Experimental

El estudio consistió en evaluar el efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad del frijol rojo en las bodegas del IHMA. Se deseaba conocer como la calidad del frijol rojo cambia en un período de 230 días. Se empleó un diseño DCA utilizando como tratamientos los distintos tiempos en que se tomó las muestras, esto debido a que solo se contaba con un solo tipo de frijol, tomando como repeticiones las siete estibas que se

muestrearon. Las variables evaluadas fueron; humedad, daño por insectos, hongos, daño por calentamiento, otros daños, total de grano dañado, grano partido, peso bushel, tiempo de cocción y color $L^*a^*b^*$, determinando si hay diferencia de éstas variables con respecto al tiempo de almacenamiento.

3.3.2 Métodos

El estudio consistió en tomar ocho muestreos en un período de 230 días, tiempo suficiente para poder observar diferencias en las variables evaluadas y poder dar conclusiones de acuerdo al almacenamiento. El primer análisis fue realizado por el IHMA ya que es cuando ingresa el frijol a las bodegas en el día cero (Diciembre 2008). El segundo análisis fue hecho en el laboratorio de Zamorano a los 112 días después. A partir de esa fecha los análisis fueron hechos cada 15 días, aproximadamente.

El frijol fue almacenado en el día cero con una calidad de CA-3, un contenido de humedad de 14%, total de grano dañado de 2.99%, tiempo de cocción de 60 min, daños por insectos de 0.50%, daños por hongos de 0.82% y daños por calentamiento de 0.94%.

3.3.3 Procedimiento de muestreo

Las cosechas de frijol fueron almacenadas en el mes de diciembre de 2008 y enero de 2009, con un total de 20,406 quintales provenientes de distintos productores del país, pasando por un proceso de limpieza y secado antes de colocarse en quintales y estibarlos, alcanzando 14% de humedad y 1% de impurezas. El método de muestreo fue el simple aleatorio utilizando un muestreador de alvéolos. El tamaño de las sub muestras fue determinado por la ecuación 1, y los números de sacos fueron 11, 13, 11, 12, 9, 11, 11 para las estibas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Los muestreos se realizaron en los sacos que no estuvieran en las esquinas para no causar debilitamiento de las estibas.

[1]

$$\text{Tamaño submuestras} = \frac{\sqrt{\text{Cantidad de sacos por estiba}}}{\text{Número de caras}} = \text{No. de sacos a muestrear}$$

3.3.4 Tamaño de muestra

La muestra analizada en el Laboratorio de Tecnología de Granos fue de 2 kg las cuales debían estar previamente identificadas por estiba, utilizando 1 kg para archivo y 1 kg para los análisis fisicoquímicos.

3.3.5 Análisis Físicos y Químicos

Los análisis del laboratorio se iniciaron con el organoléptico de olor, homogenización, división de 1 kg, para archivo y análisis, porcentaje de humedad, porcentaje de impurezas, daños por insectos, hongos, calentamiento y otros, total de grano dañado en porcentaje, grano quebrado, partido, peso bushel, contraste, tiempo de cocción y calidad, bajo las normas del laboratorio de Tecnología de Granos de Zamorano.

Normas de calidad para clasificar el frijol en Zamorano.

CA-1 = Total de daño 0 a 0.5%

CA-2 = Total de daño 0.5 a 1.0%

CA-3 = Total de daño 1.1 a 3.5%

CA-4 = Total de daño 3.6 a 5.0%

SM = Total de daños 5.1% en adelante

3.3.6 Determinación del porcentaje de humedad del grano

Para medir el porcentaje de humedad del grano se utilizó el método indirecto por medio del medidor de humedad (SAMAP-O-TEST) para muestras de 250 g, marca “Motomco”.

- Se depositó el grano en la tolva receptora y se giró el switch a la posición de operación,
- Se presionó el botón de disparo de la tolva para que el grano se depositara en la cámara de medición.
- Luego se giró la perilla hasta que alcanzara la posición más baja, a la izquierda del dial.
- Se observó la lectura y se determinó el contenido de humedad por medio de las tablas de humedad.
- Para las temperaturas diferentes a 25 °C, se realizó el ajuste por temperatura (Anexo 2).

3.3.7 Análisis de tiempo de cocción

Se empleó el método tradicional utilizado por los hogares, el cual consistió en colocar agua en dos ollas de 2.5 L de capacidad, 1.5 L de agua calentando hasta alcanzar el punto de ebullición, luego se colocó la muestra de 500 g de frijol previamente lavado, tomando como tiempo inicial 1 h. Después de ese tiempo se fueron tomando muestras de 50 granos de frijol cada 15 min y se presionaron uno por uno con el dedo índice y pulgar, considerando granos cocidos aquellos que presentaron una consistencia suave al momento de presionarlos. Para el tiempo de finalización se tomó en cuenta de que estuvieran por lo menos el 90% de los 50 granos muestreados.

3.3.8 Análisis de total de grano dañado

El total de grano dañado se determinó pesando en la balanza semianalítica 250 g de frijol, colocándolo en una zaranda para separar impurezas para luego medir el porcentaje de grano quebrado y partido. Para cuantificar los parámetros de calidad utilizamos 100 g y se colocaron en una bandeja de fondo blanco para cuantificar el porcentaje de grano dañado por hongo, insecto, calentamiento y otros. Posteriormente calculando cada porcentaje luego sumándolos y el total dio el total de grano dañado.

3.3.9 Determinación de peso bushel

Para calcular el peso bushel se utilizó la balanza Winchester, para la cual se colocó frijol en el embudo de recarga luego se dejó caer sobre el cilindro de medición quitando el exceso de frijol, luego se realizó la lectura correspondiente.

3.3.10 Análisis colorimétrico ColorFlex HunterLab

El procedimiento para realizar la medición de color fue el siguiente:

- Se colocaron las muestras en recipientes plásticos.
- Se tomo una muestra con la copa especial transparente del ColorFlex.
- Se colocó la copa con la sub-muestra en la región de lectura.
- Se corrió el software, para analizar la muestra.
- Se tomaron los datos $L^*a^*b^*$.
- Se ordenaron los datos en el programa de cálculo Microsoft Excel.

3.3.11 Análisis estadístico

Se utilizó el programa Sistemas de Análisis Estadístico (SAS[®] por sus siglas en inglés), utilizando un nivel de significancia de 5%. Con un análisis de varianza para los ocho tiempos como tratamientos, utilizando separación de medias Duncan para observar el efecto en las variables analizadas a través del tiempo del frijol rojo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD DEL GRANO DE FRIJOL

Los resultados obtenidos por el programa SAS, demuestran que el contenido de humedad del frijol rojo se fue perdiendo con el transcurso del tiempo. El frijol se almacenó en el día cero con un contenido de humedad del 14% y al final del estudio terminó con un porcentaje de 12.2%, alcanzando una pérdida de humedad del 1.85%.

En el cuadro 3, se muestra que el contenido de humedad fue disminuyendo con el transcurso del tiempo hasta el día 230.

Cuadro 3. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para el porcentaje de humedad de frijol.*

Días	Humedad (%)
0	14.00 +/- 0.00 ^a
112	13.04 +/- 0.06 ^b
130	12.91 +/- 0.04 ^c
168	12.47 +/- 0.06 ^d
184	12.39 +/- 0.06 ^e
198	12.30 +/- 0.07 ^f
216	12.23 +/- 0.06 ^g
230	12.15 +/- 0.06 ^h

*Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

Según el análisis SAS[®] se demostró que si existió efecto del tiempo de almacenamiento sobre el contenido de humedad del grano de frijol rojo ($Pr > F: < 0.0001$).

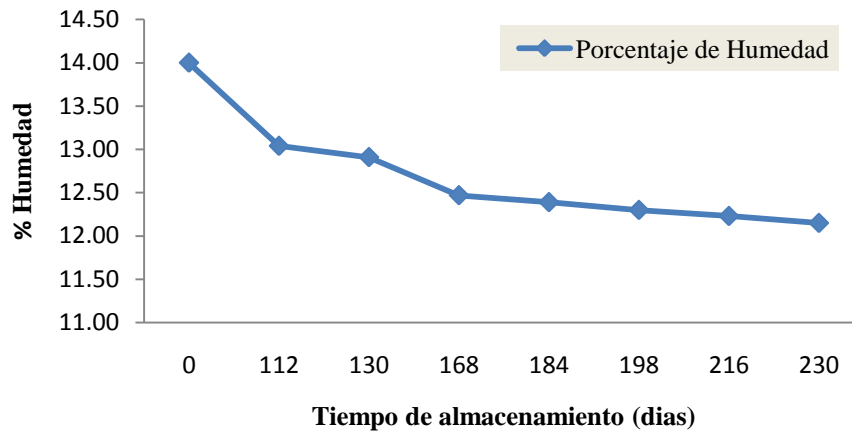


Figura 1. Disminución del porcentaje de humedad del frijol rojo a través del tiempo.

4.2 PORCENTAJE DE GRANO DAÑADO POR INSECTOS

El porcentaje de daño por insectos analizado demuestra que fue aumentando con respecto al tiempo, aunque estadísticamente ($Pr < F: 0.0872$) no existió efecto del tiempo sobre el porcentaje de daño por insectos en el grano de frijol. El cuadro 4, muestra que estadísticamente solo presenta diferencias en el día 0 y 230; los días 112, 130, 168, 184, 198 y 216 son estadísticamente iguales.

Cuadro 4. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para porcentaje de grano dañado por insectos.*

Días	Daño por insectos (%)
0	0.50 +/- 0.05 ^{ba}
112	0.48 +/- 0.16 ^b
130	0.53 +/- 0.17 ^{ba}
168	0.64 +/- 0.36 ^{ba}
184	0.68 +/- 0.11 ^{ba}
198	0.71 +/- 0.10 ^a
216	0.67 +/- 0.04 ^{ba}
230	0.69 +/- 0.22 ^b

*Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

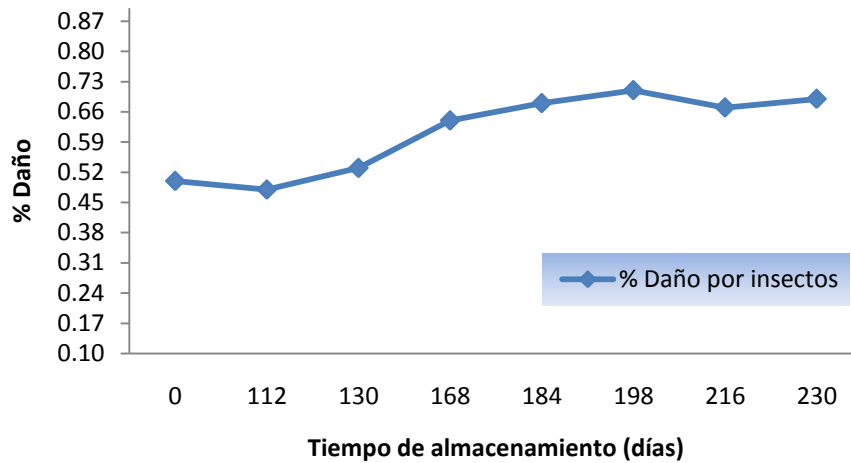


Figura 2. Análisis del comportamiento del porcentaje de daño por insectos en el grano de frijol rojo.

Podemos observar que el porcentaje de daño por insectos con respecto al tiempo varió muy poco en el transcurso del almacenamiento, en los últimos cuatro muestreos se mantuvo el porcentaje de daño entre 0.67 y 0.71 %.

4.3 PORCENTAJE DE GRANO DAÑADO POR HONGOS

En cuanto al porcentaje de daño por hongos con respecto al tiempo, estadísticamente el tiempo tuvo efecto en el aumento de dicho daño ($Pr > F: 0.0006$); y se puede observar en el cuadro 5, que si existió un aumento en el daño causado por hongos.

Cuadro 5. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para el porcentaje de grano de frijol dañado por hongos.*

Días	Daño por hongos (%)
0	0.82 +/- 0.23 ^a
112	0.81 +/- 0.24 ^a
130	0.77 +/- 0.21 ^a
168	0.77 +/- 0.16 ^a
184	0.89 +/- 0.09 ^{ba}
198	1.06 +/- 0.15 ^{bc}
216	1.06 +/- 0.10 ^{bc}
230	1.10 +/- 0.17 ^c

*Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$)

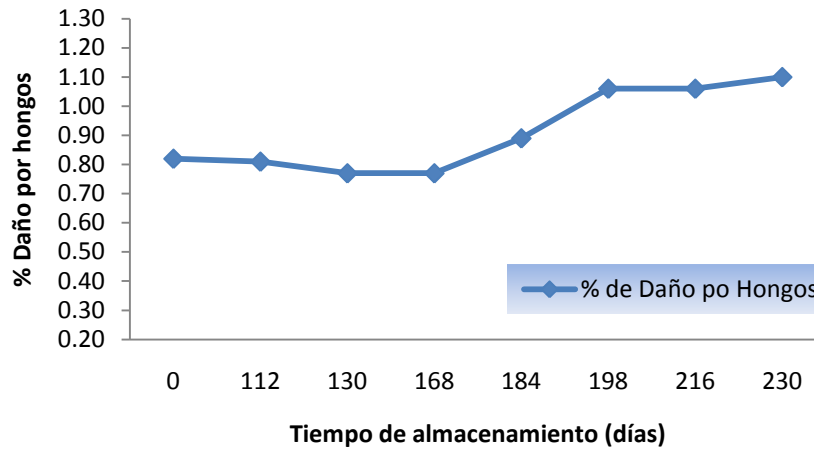


Figura 3. Análisis del comportamiento del porcentaje de daño causado por hongos a través del tiempo en el grano de frijol rojo.

4.4 PORCENTAJE DE DAÑO POR CALENTAMIENTO

En cuanto al daño por calentamiento, si tuvo efecto el tiempo sobre el aumento de daño de acuerdo a los resultados estadísticos ($Pr > F: < 0.0001$). El daño en el día cero comenzó con 0.94% y al día 230 acumuló 1.38%, incrementando 0.44%. Según estudios anteriores el daño por calentamiento es una de las principales causas del deterioro de la calidad del frijol (Enamorado 2007).

Cuadro 6. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para el porcentaje de daño por calentamiento en frijol.*

Días	Daño por calentamiento (%)
0	0.94 +/- 0.19 ^{ba}
112	0.95 +/- 0.20 ^{ba}
130	1.07 +/- 0.07 ^{bc}
168	0.91 +/- 0.07 ^a
184	1.12 +/- 0.08 ^{dc}
198	1.13 +/- 0.09 ^{dc}
216	1.25 +/- 0.11 ^{de}
230	1.38 +/- 0.16 ^e

*Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

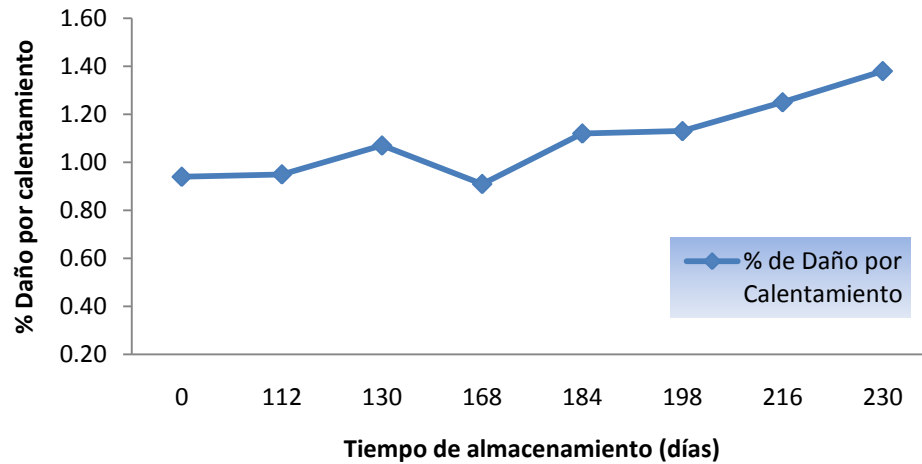


Figura 4. Incremento del daño por calentamiento del frijol rojo comercial en almacenamiento.

4.5 TOTAL DE GRANO DAÑADO

En el día cero el grano de frijol se almacenó con un total de grano dañado de 2.99%, con una calidad CA-3 según las normas de calidad de Zamorano. A los 230 días la calidad fue de 4.48%, clasificado en CA-4, y estadísticamente el tiempo de almacenamiento sí tuvo efecto sobre el total de grano dañado de frijol rojo ($P > F: < 0.0001$).

Cuadro 7. Análisis de varianza y separación de medias Duncan del total de grano de frijol dañado durante el almacenamiento de 230 días.*

Días	Total de grano dañado (%)
0	2.99 +/- 0.16 ^a
112	3.13 +/- 0.14 ^b
130	3.43 +/- 0.33 ^c
168	3.51 +/- 0.45 ^{dc}
184	3.58 +/- 0.24 ^{dc}
198	4.25 +/- 0.17 ^{de}
216	4.48 +/- 0.26 ^{de}
230	4.85 +/- 0.39 ^e

*Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

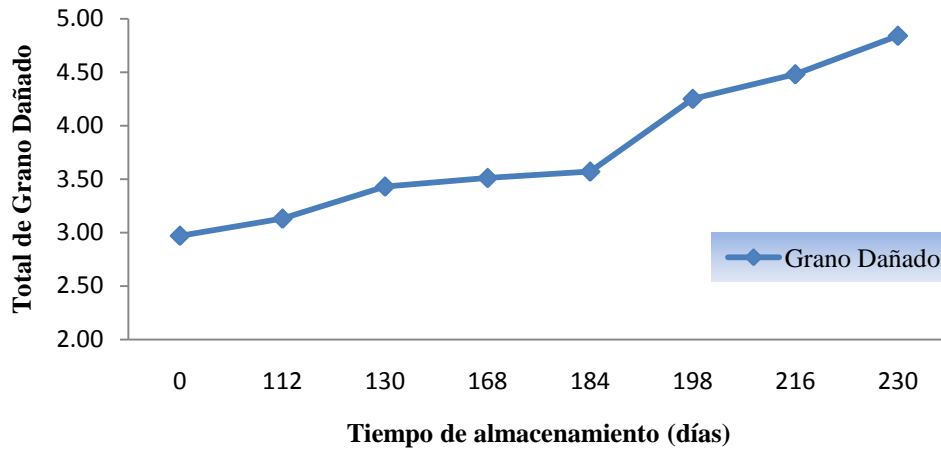


Figura 5. Incremento del total de grano dañado durante el almacenamiento de granos comerciales de frijol rojo.

El comportamiento del total de grano dañado demuestra que del día cero al 184 el aumento fue leve, después del día 184 el aumento fue más significativo. El aumento en el total de grano dañado se debe a factores como grano dañado por hongos, grano dañado por insectos, y principalmente, daño por calentamiento (Enamorado 2007).

4.6 TIEMPO DE COCCIÓN

El tiempo de cocción del frijol fue aumentando en el transcurso del tiempo, comenzando con un tiempo de 60 min y al día 230 del estudio el tiempo de cocción promediaba entre los 131 min. Para determinar cuáles eran los factores más relacionados con el aumento de cocción, se realizaron correlaciones con el contenido de humedad del grano, total de grano dañado, temperatura de almacenamiento y humedad relativa.

Estadísticamente el tiempo de almacenamiento si tuvo efecto en el aumento del tiempo de cocción del grano de frijol rojo ($Pr > F: < 0.0001$).

De acuerdo a la separación de medias cada fecha de muestreo fue estadísticamente diferente como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Análisis de varianza y separación de medias Duncan del tiempo de cocción en minutos del frijol comercial almacenado en bodegas del IHMA.*

Días	Tiempo de cocción (min)
0	60.00 +/- 0.00 ^a
112	78.43 +/- 1.40 ^b
130	84.29 +/- 2.56 ^c
168	108.14 +/- 1.20 ^d
184	111.43 +/- 1.27 ^e
198	118.60 +/- 1.27 ^f
216	123.30 +/- 0.76 ^g
230	131.10 +/- 0.98 ^h

*Letras diferentes denotan diferencia estadística significativa ($P < 0.05$).

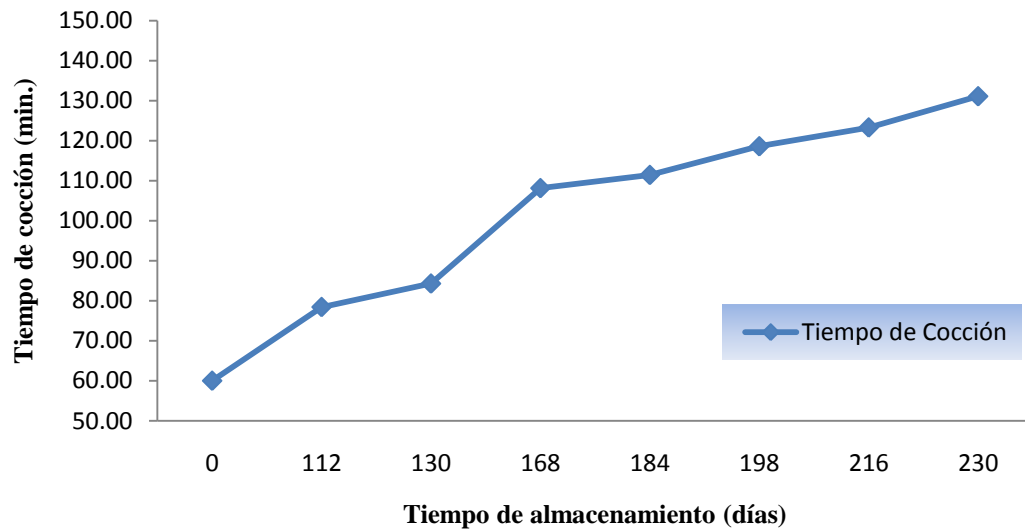


Figura 6. Aumento del tiempo de cocción versus el tiempo de almacenamiento de frijol comercial rojo.

4.7 ANALISIS COLORIMÉTRICO

Los resultados obtenidos de acuerdo a la escala $L^*a^*b^*$ para frijol de grano rojo, no pudieron clasificarse con la escala desarrollada por Melgar (2004) debido a que los valores L^* y b^* son mayores a los de su escala. Según Taleón (2005), indica que las antocianinas compuestos que dan el color rojo en el grano se degradan en el almacenamiento, lo que se demuestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Análisis de varianza y separación de medias Duncan para la escala de color $L^*a^*b^*$ de frijol rojo.*

Días	Escala		
	L^*	a^*	b^*
0	-	-	-
112	24.10 ^a	11.45 ^a	8.02 ^a
130	22.81 ^b	10.02 ^a	7.82 ^{ab}
168	22.06 ^c	9.60 ^{ab}	7.55 ^b
184	22.16 ^c	7.11 ^b	6.77 ^c
198	22.54 ^c	6.33 ^c	6.83 ^c
216	21.88 ^d	6.15 ^c	5.94 ^d
230	20.11 ^e	6.87 ^c	5.77 ^d

*Letras diferentes en cada columna denotan diferencia estadísticamente significativa ($P < 0.05$).

4.7.1 Valor L^*

Con respecto al valor L^* (claridad) presentó cambios significativos con respecto al tiempo de almacenamiento. Se generó una tendencia en la pérdida de claridad como se muestra en el cuadro 9.

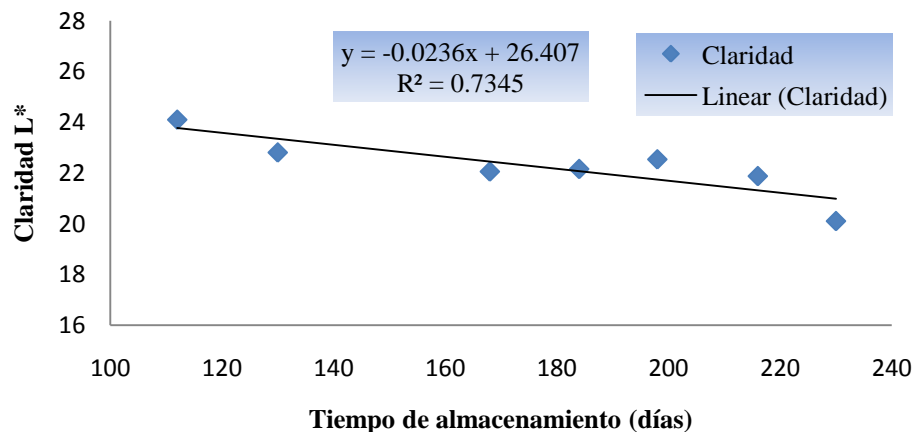


Figura 7. Análisis de claridad (L^*) del grano de frijol rojo almacenado durante 230 días.

4.7.2 Valor a*

El valor a* (rojo), presenta una tendencia lineal negativa, lo que indica que conforme el paso de los días de almacenamiento, el color rojo fue disminuyendo en intensidad. Reafirmando el estudio hecho por Enamorado (2007), donde indica que también tuvo una tendencia lineal negativa con un $R^2 = 0.86$.

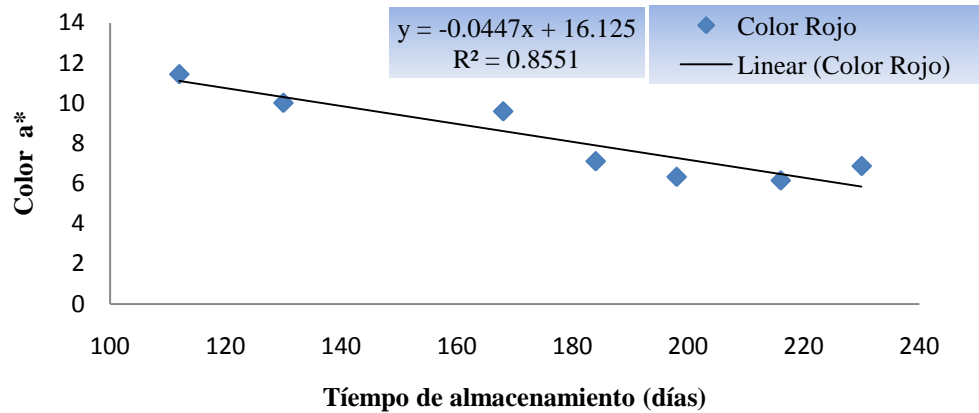


Figura 8. Análisis del valor (a*) del grano de frijol rojo almacenado durante 230 días.

4.7.3 Valor b*

El valor b* (amarillo), presentó una tendencia lineal negativa igual que el valor a*, demostrando además diferencias significativas de color con respecto al tiempo de almacenamiento, disminuyendo el color amarillo.

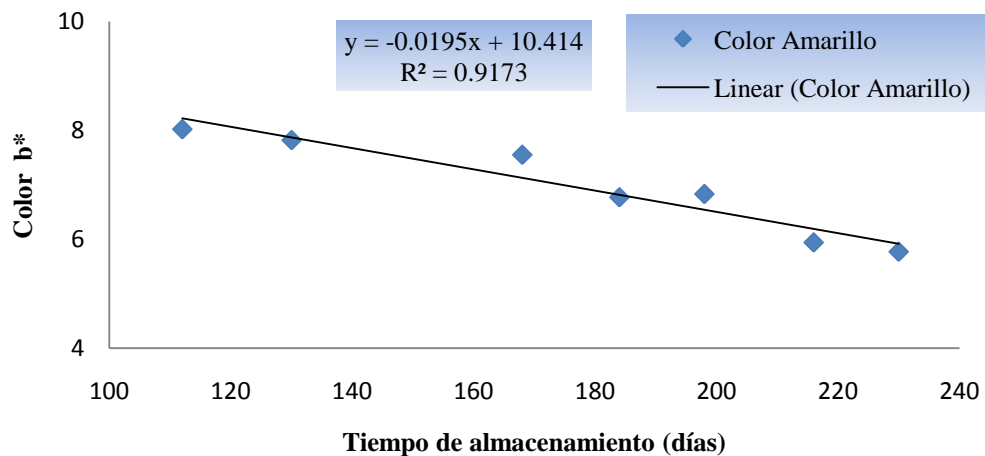


Figura 9. Análisis del valor (b*) del grano de frijol rojo almacenado durante 230 días.

4.8 CORRELACIONES

En las correlaciones realizadas, se tomó como factor principal el tiempo de cocción debido a que es el indicador principal en nuestro estudio. Las variables tomadas en cuenta fueron porcentaje de humedad del grano de frijol, porcentaje de daño total, valores $L^*a^*b^*$ para la primera correlación. Para la segunda correlación se tomó en cuenta el tiempo de cocción, la temperatura y humedad relativa de las bodegas del IHMA, en el cuadro 10 se muestran las correlaciones hechas con respecto al tiempo de cocción.

Cuadro 10. Correlaciones entre el tiempo de cocción y humedad del grano, total de grano dañado y color $L^*a^*b^*$.

	Coeficiente de Pearson				
	Pr> r				
	Humedad	Daño total	L*	a*	b*
Tiempo de cocción	-0.9585	0.902	-0.8514	-0.9047	-0.9231
	0.0002	0.0022	0.015	0.0051	0.003

4.8.1 Tiempo de cocción – Humedad

Se presentó una correlación negativa (-0.9585; $p=0.0002$), lo que indica que a menor humedad del grano mayor tiempo de cocción. Complementándose con el resultado de Enamorado (2007), donde se encontró una correlación negativa entre la humedad del grano y tiempo de cocción.

4.8.2 Tiempo de cocción – daño total

Se obtuvo una correlación positiva (0.902; $p=0.0022$), indicando que a mayor cantidad de grano total dañado, mayor será el tiempo de cocción del grano de frijol rojo.

4.8.3 Tiempo de cocción – valor L*

Se obtuvo una correlación negativa (-0.8514; $p=0.015$), entre el valor L^* (claridad) y el tiempo de cocción, indicando que a menor claridad aumenta el tiempo de cocción en el grano de frijol rojo.

4.8.4 Tiempo de cocción – valor a*

Se presentó una correlación negativa (-0.9047; $p=0.0051$), entre el valor a^* (color rojo) y el tiempo de cocción lo que indica que a menor coloración roja va aumentando el tiempo de cocción en el grano de frijol rojo.

4.8.5 Tiempo de cocción – Valor b*

Se generó una correlación negativa (-0.9231; p=0.003), entre el valor b*(color amarillo) y el tiempo de cocción, siendo inversamente proporcional, ya que a menor coloración amarilla el tiempo de cocción del frijol va aumentando.

El cuadro 11 muestra que no existieron correlaciones entre la temperatura de almacenamiento y humedad relativa con respecto al tiempo de cocción.

Cuadro 11. Correlaciones entre tiempo de cocción y temperatura de almacenamiento y humedad relativa de las bodegas del IHMA.

	Coeficiente de Pearson Pr> r	
	Temperatura almacenamiento	Humedad Relativa
Tiempo de cocción	0.1925 0.6477	0.6681 0.0700

4.8.6 Tiempo de cocción – temperatura de almacenamiento

No existió una correlación entre el tiempo de cocción y la temperatura de la bodega del IHMA (0.1925; p=0.6477); sin embargo, estudios anteriores indicaron que a menor temperatura de almacenamiento aumenta el tiempo de cocción.

4.8.7 Tiempo de cocción – humedad relativa

No existió correlación entre el tiempo de cocción y la humedad relativa en el ambiente de la bodega del IHMA (0.6684; p=0.0700), esto pudo haberse dado debido a que se mantuvo la humedad relativa por debajo del 70% y según la literatura indican que si se mantiene la humedad relativa del aire inferior al 65 % o el 70 %, se frenan o incluso se bloquean por completo muchos fenómenos de degradación de los granos (FAO 1993).

4.9 CÁLCULO DEL TIEMPO MÁXIMO DE ALMACENAMIENTO

Para determinar el tiempo óptimo de almacenamiento de frijol rojo bajo las condiciones del IHMA, se tomó como parámetro el tiempo de cocción.

La ecuación 2, es la que mejor describe el comportamiento del aumento del tiempo de cocción presentando un $R^2 = 0.933$, lo que significa que se adaptó en un 93% al modelo lineal (Figura 10).

[2]

$$Y = 0.323x + 51.87$$

Al despejar para “x” nos da un aproximado de 240 días de almacenamiento (aprox. 8 meses) bajo las condiciones de las bodegas del IHMA, dando un tiempo de cocción máximo de 130 min recomendado para consumo humano (Enamorado 2007).

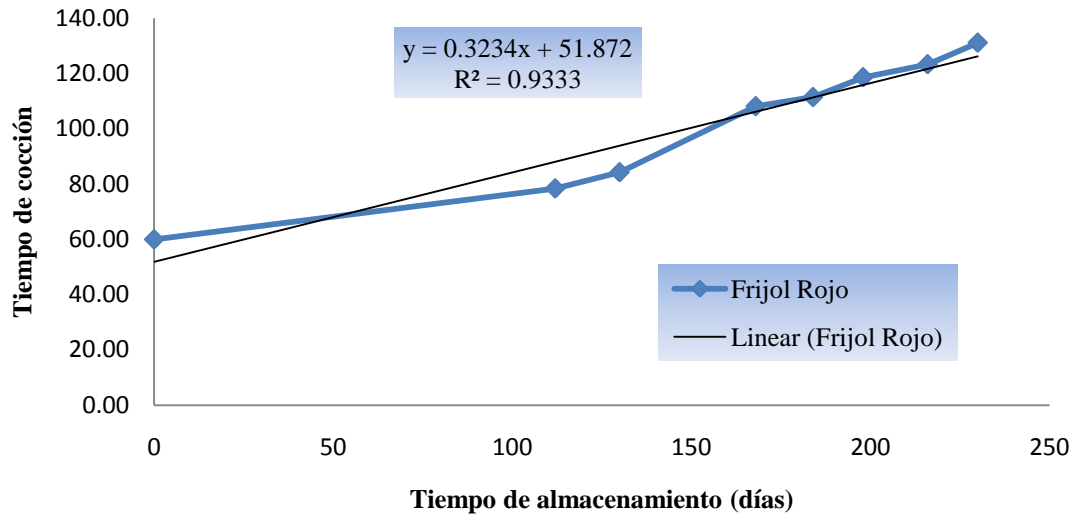


Figura 10. Aumento del tiempo de cocción del grano de frijol a través del tiempo en un período de 230 días.

5. CONCLUSIONES

- Bajo las condiciones de almacenamiento de las bodegas del IHMA, temperaturas y humedad relativa, la calidad del frijol rojo disminuyó en un período de 230 días de calidad CA-3 hasta la calidad CA-4.
- En el período de almacenamiento (230 días) del frijol rojo disminuyó el contenido de humedad, el color rojo y la claridad, y aumentó el total de grano dañado y el tiempo de cocción.
- Se determinó que a menor contenido de humedad del grano de frijol, menor coloración roja, menor coloración amarilla y a menor claridad, el tiempo de cocción aumenta.
- Se comprobó una correlación positiva entre el total de grano dañado y el tiempo de cocción, aumentando el tiempo de cocción si aumenta el total de grano dañado.
- Se determinó que el tiempo óptimo de almacenamiento del frijol rojo bajo las condiciones de las bodegas del IHMA, para un tiempo máximo de cocimiento de 130 min, es de ocho meses aproximadamente.
- Los parámetros de calidad más afectados a través del tiempo de almacenamiento (230 días) fueron el contenido de humedad, daño por calentamiento y tiempo de cocción del frijol.

6. RECOMENDACIONES

- Realizar el estudio bajo condiciones controladas de temperaturas de almacenamiento y humedad relativa, tomando lecturas en períodos de tiempo cortos para determinar si tienen efecto sobre el tiempo de cocción, total de grano dañado y color L^* , a^* y b^* .
- Realizar la venta del frijol en el momento de que su calidad es aceptable aún por el consumidor.
- Realizar monitoreos de la procedencia del frijol para así evitar almacenar frijol que tiene demasiado tiempo de cosecha.
- Se recomienda almacenar en lotes separados por tipo de frijol (color), para que este factor no afecte el tiempo máximo de almacenamiento.
- Se recomienda exigir una mejor calidad del IHMA para los productores para que se pueda almacenar un frijol con una calidad mejor que CA-3.

7. BIBLIOGRAFÍA

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.

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.

FAO. 1984. Cosecha de granos trigo, maíz, fréjol y soya. Departamento de Agricultura. (En línea). Consultado el 18 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5051S/x5051s04.htm#4>.

FAO. 1993. Manual del manejo pos cosecha de granos a nivel rural. Departamento de Agricultura. (En línea) Consultado el 17 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S00.htm#Contents>

FAO.1996. Secado de granos y secadoras, concepto. Departamento de Agricultura. (En línea). Consultado el 17 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/x5028s/X5028S0f.htm>

INE. 2007. Encuesta Agropecuaria Básica 2007. (En línea). Consultado el 2 de septiembre de 2009. Disponible en: <http://www.ine-hn.org/economicas/estadisticasagricolas/eab1107/survey0/index.html>

Limdblad, C. y Druben, L. 1986. Almacenamiento de Granos. México. Editorial Concepto, 331 p.

Melgar, H. 2004. Desarrollo de una escala calorimétrica digital de triple estímulo para grano de frijol rojo centroamericano. Proyecto Especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras. 23 p.

MFEWS. 2006. Honduras: Situación de Seguridad Alimentaria Diciembre 2006. (En línea). Consultado el 20 de septiembre de 2009. Disponible en: http://www.fews.net/centers/files/Honduras_200611es.pdf

Mora, M. 1982. Influencia de diferentes temperaturas y contenidos de humedad sobre el tiempo de cocción de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) almacenado durante 18 meses (En línea). Consultado el 1 de septiembre de 2009. Disponible en: http://www.mag.go.cr/rev_agr/v06n1-2_087.pdf

Mora M. 1997. Glosario técnico sobre factores de calidad en granos básicos. (En línea). Consultado el 18 de septiembre de 2009. Disponible en: http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/new_fao/x5404s/x5404s00.htm#Contents

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

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

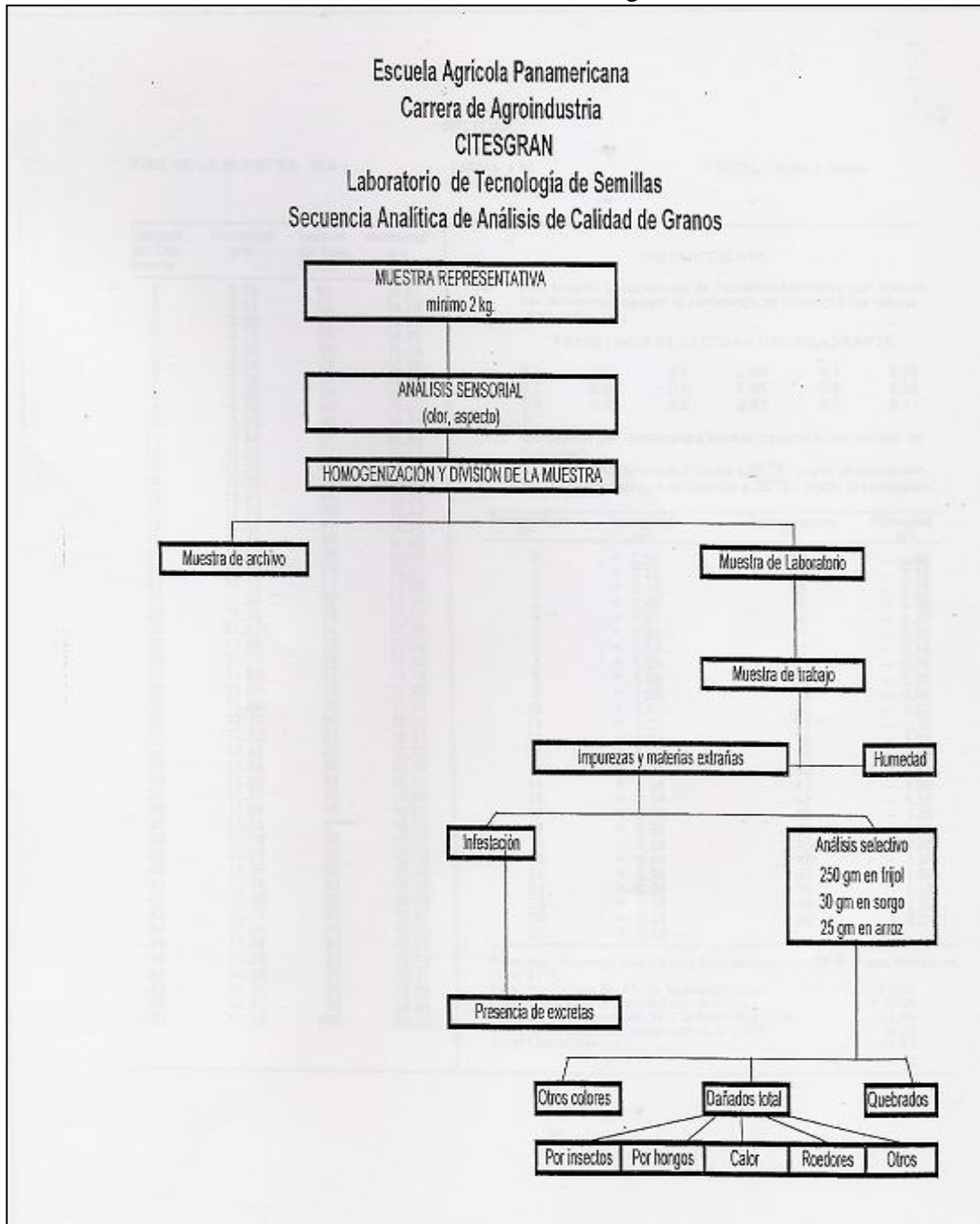
SAG. 2009. Reserva Estratégica de Granos Básicos. (En línea). Consultado el 2 de septiembre de 2009. Disponible en: http://www.sag.gob.hn/index.php?option=com_content&task=view&id=2394&Itemid=116

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 Alimentaria. Zamorano, Honduras. 32 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.

8. ANEXOS

Anexo 1. Secuencia analítica de análisis de calidad de granos.



Anexo 2. Tabla de lecturas de humedad y correcciones por temperatura en "Motomco".

MOTOMCO			
PESO DE LA MUESTRA: 250 g.		Calibrar a 53	
		FRIJOL: Rojo y Negro	
Lectura del Cuadrante	Humedad o/o	Lectura del Cuadrante	Humedad o/o
1	8.75	51	14.67
2	8.87	52	14.78
3	8.99	53	14.90
4	9.11	54	15.02
5	9.23	55	15.14
6	9.34	56	15.26
7	9.46	57	15.38
8	9.58	58	15.49
9	9.70	59	15.61
10	9.82	60	15.73
11	9.94	61	15.85
12	10.05	62	15.97
13	10.17	63	16.09
14	10.29	64	16.20
15	10.41	65	16.32
16	10.53	66	16.44
17	10.65	67	16.56
18	10.76	68	16.68
19	10.88	69	16.80
20	11.00	70	16.91
21	11.12	71	17.03
22	11.24	72	17.15
23	11.36	73	17.27
24	11.47	74	17.39
25	11.59	75	17.50
26	11.71	76	17.62
27	11.83	77	17.74
28	11.95	78	17.86
29	12.06	79	17.94
30	12.18	80	18.10
31	12.30	81	18.21
32	12.42	82	18.33
33	12.54	83	18.45
34	12.66	84	18.57
35	12.77	85	18.69
36	12.88	86	18.81
37	13.01	87	18.92
38	13.13	88	19.01
39	13.25	89	19.16
40	13.37	90	19.28
41	13.48	91	19.40
42	13.60	92	19.52
43	13.72	93	19.63
44	13.84	94	19.75
45	13.96	95	19.81
46	14.08	96	19.99
47	14.19	97	20.11
48	14.31	98	20.22
49	14.43	99	20.34
50	14.55	100	20.46

INSTRUCCIONES					
1. Para obtener el porcentaje de humedad corregido por fracciones de unidad, agregar al porcentaje de humedad los valores abajo indicados.					
FRACCIONES DE LECTURA DEL CUADRANTE					
0.1	0.01	0.4	0.05	0.7	0.08
0.2	0.02	0.5	0.06	0.8	0.09
0.3	0.04	0.6	0.07	0.9	0.11
2. Corrección por temperatura (sumar o restar al porcentaje de humedad).					
a) Si la temperatura es inferior a 25°C, sumar la corrección.					
b) Si la temperatura es superior a 25°C, restar la corrección.					

Temperatura °C	Humedad o/o	Temperatura °C	Humedad o/o
0	+ 2.34	26	- 0.09
1	+ 2.25	27	- 0.19
2	+ 2.16	28	- 0.28
3	+ 2.06	29	- 0.38
4	+ 1.97	30	- 0.47
5	+ 1.88	31	- 0.56
6	+ 1.78	32	- 0.66
7	+ 1.69	33	- 0.75
8	+ 1.59	34	- 0.84
9	+ 1.50	35	- 0.94
10	+ 1.41	36	- 1.03
11	+ 1.31	37	- 1.13
12	+ 1.22	38	- 1.22
13	+ 1.13	39	- 1.31
14	+ 1.03	40	- 1.41
15	+ 0.94	41	- 1.50
16	+ 0.84	42	- 1.59
17	+ 0.75	43	- 1.69
18	+ 0.60	44	- 1.78
19	+ 0.56	45	- 1.88
20	+ 0.47	46	- 1.97
21	+ 0.38	47	- 2.06
22	+ 0.28	48	- 2.18
23	+ 0.19	49	- 2.25
24	+ 0.09	50	- 2.34
25	+ 0.00		

Ejemplo: Suponga una lectura del cuadrante de 37.4 y una temperatura de 27°C.

Para una lectura de 37, la humedad es de: 13.01

Corrección para la fracción de 0.4: + 0.05

Así para una lectura de 37.4 la humedad es de: 13.06

Corrección para una temperatura de 27°C: - 0.19

HUMEDAD FINAL 12.97

Anexo 3. Formato para análisis de laboratorio de granos.

**ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE GRANOS**

ANALISIS DE LABORATORIO

Generalidades
 Clase: Frijol Rojo
 Cliente o Propietario: LHHA
 Centro de Procedencia: Ternigalpa
 Almacenado - Silo No. _____ Bodega No. _____ Estiba No. 7 Fecha 30/5/09

Evaluación Organoléptica
 Olor: Normal No. Total de Insectos/Kg: _____ Vivos: 0 | Muertos: 7
 Temperatura: 25 °C No. de Excretas / kg: _____
 Apariencia: Buena: X Regular: _____ Mala: _____

Análisis Selectivo

Humedad: <u>18.54</u> %	Clase Contrastante: <u>2.1</u> %
Impurezas: <u>7</u> %	Mezclado: _____ %
Daño por Insecto: <u>0.2</u> %	Rendimiento: _____ %
Daño por Hongo: <u>7</u> %	Relacion entero/quebrado: _____ %
Daño por germen Café: _____ %	Grano Rojo: _____ %
Daño por Calentamiento: <u>0.96</u> %	Grano Yesoso: _____ %
Otros Daños: <u>7</u> %	Grano con Gluma: _____ %
Total de Grano dañado: <u>3.16</u> %	Tiempo de cocción: <u>108</u> %
Grano Quebrado: <u>0</u> %	Peso Bushel: <u>60.9</u> %
Grano Partido: <u>0.2</u> %	Calidad: <u>CA-3</u> %

*Representa la Humedad de la muestra no del lote total. **Daño por roedores, grano inmaduro (arrugados), germinados, grano ampolado. ***En base a 1000 g.

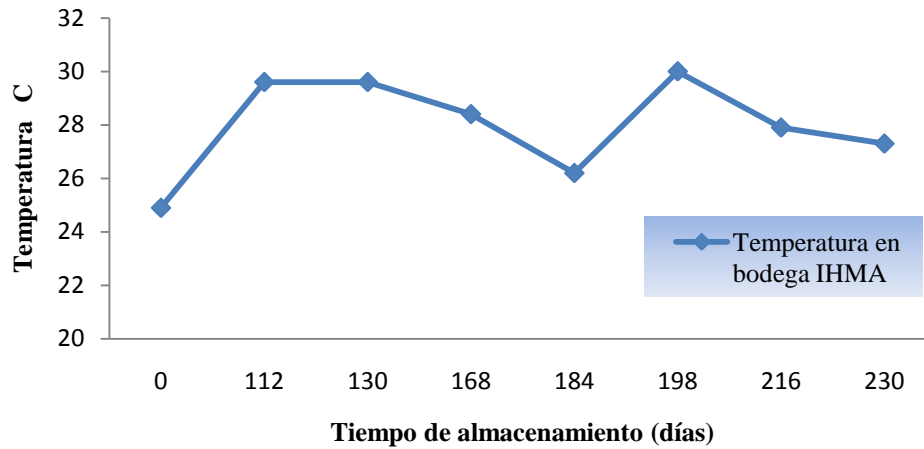
Normas de Calidad

<p>Sorgo CA - 1 = Total de daño 0 a 5.0% CA - 2 = Total de daño 5.1 a 7.0% CA - 3 = Total de daño 7.1 a 10.0% SM = Total de daño de 10.0% en adelante</p>	<p>Frijol Soya CA - 1 = Total de daño 0 a 0.5% CA - 2 = Total de daño 0.51 a 1.0% CA - 3 = Total de daño 1.1 a 3.5% CA - 4 = Total de daño 3.6 a 5.0% SM = Total de daño 5.1 en adelante</p>
<p>Frijol CA - 1 = Total de daño 0 a 0.5% CA - 2 = Total de daño 0.51 a 1.0% → CA - 3 = Total de daño 1.1 a 3.5% → CA - 4 = Total de daño 3.6 a 5.0% SM = Total de daño 5.1 en adelante</p>	<p>Arroz Cáscara o Granza CA - 1 = Total de daño 0 a 4.0% CA - 2 = Total de daño 4.1 a 7.0% CA - 3 = Total de daño 7.0 a 10.0% SM = Total de daño de 10.1% en adelante</p>
<p>Arroz Elaborado o Pilato CA - 1 = Total de daño 0 a 3.0% CA - 2 = Total de daño 3.1 a 5.0% CA - 3 = Total de daño 5.1 a 8.0% CA - 4 = Total de daño 8.1 a 11.0% SM = Total de daño de 11.1% en adelante</p>	<p>Maíz CA - 1 = Total de daño 0 a 4.0% CA - 2 = Total de daño 4.1 a 6.0% CA - 3 = Total de daño 6.1 a 10.0% SM = Total de daño 10.0% en adelante</p>

Observaciones: _____

<p>_____ Jefe de Tecnología de Granos Ing. Edward Moncada Tel 776-6140 Ext. 2309 E-mail: emoncada@zamorano.edu.hn</p>	<p>_____ Técnico de Laboratorio Efraín Banegas Tel. 776-6140 (50) Ext. 2310</p>
---	--

Anexo 4. Temperatura promedio quincenal en bodegas del IHMA en un período de 230 días.



Anexo 5. Humedad relativa promedio en bodegas del IHMA en un período de 230 días.

