

**Evaluación de tres métodos de  
almacenamiento de semilla de maíz (*Zea  
mays*) y su efecto en los atributos de calidad en  
Zamorano**

**Roberto Antonio Jovel López**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Evaluación de tres métodos de  
almacenamiento de semilla de maíz (*Zea  
mays*) y su efecto en los atributos de calidad en  
Zamorano**

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

**Roberto Antonio Jovel López**

**Zamorano, Honduras**

Noviembre, 2011

# **Evaluación de tres métodos de almacenamiento de semilla de maíz (*Zea mays*) y su efecto en los atributos de calidad en Zamorano**

Presentado por:

Roberto Antonio Jovel López

Aprobado:

---

Edward Moncada, M.AE.  
Asesor Principal

---

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

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Jaime Nolasco, M.A.E.  
Asesor

## RESUMEN

Jovel López, R.A. 2011. Evaluación de tres métodos de almacenamiento de semilla de maíz (*Zea mays*) y su efecto en los atributos de calidad en Zamorano. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 21 p.

El objetivo del estudio fué evaluar los tres diferentes tratamientos de almacenamiento, de la semilla, para determinar su incidencia en los atributos de calidad, durante los 120 días de almacenamiento que duró el estudio. El porcentaje de germinación es uno de los factores de decisión de compra más importantes de nuestros países. Se utilizaron 3 tratamientos de almacenamiento, Cocoon® (27.2°C y 65.1%HR promedio), bodega (29°C y 43.4%HR promedio), cuarto frío (16.2°C y 61.2%HR promedio). Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con medidas repetidas en el tiempo a los días 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120. Se realizaron análisis de humedad de la semilla, porcentaje de germinación y daños por hongos e insectos, a la vez se realizó un análisis de la temperatura y humedad relativa de cada uno de los tratamientos. En los tratamientos de almacenamiento del Cocoon® y bodega, la humedad no presentaron diferencias significativas, para daños por hongos no se encontró diferencias significativas en los tres tratamientos, el Cocoon® presentó el mayor porcentaje de germinación y menor daños por insectos al finalizar el estudio. Se determinó una correlación negativa entre el porcentaje de germinación y el tiempo de almacenamiento, lo que indica que a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento disminuye el porcentaje de germinación de la semilla. Para determinar el tiempo óptimo de almacenamiento, se generó una ecuación lineal para cada tratamiento, sustituyendo el intercepto (Y) con 80% de germinación y despejando para la variable (X) tiempo óptimo de almacenamiento. Obteniendo resultados de 203 días para el Cocoon®, 161 días para la bodega y 158 días para el cuarto frío.

**Palabras clave:** Cocoon®, porcentaje de germinación, tiempo óptimo de almacenamiento.

## CONTENIDO

Portadilla .....	i
Página de firmas .....	ii
Resumen .....	iii
Contenido .....	iv
Índice de cuadros, figuras y anexos.....	v
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>2 MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>6</b>
<b>4 CONCLUSIONES .....</b>	<b>16</b>
<b>5 RECOMENDACIONES .....</b>	<b>17</b>
<b>6 LITERATURA CITADA.....</b>	<b>18</b>
<b>7 ANEXOS .....</b>	<b>19</b>

## ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros		Página
1.	Porcentaje de humedad de la semilla en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de maíz.....	7
2.	Porcentaje de germinación de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento. ....	8
3.	Porcentaje de daños por insectos de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento.....	9
4.	Porcentaje de daños por hongos de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento.....	11
5.	Porcentaje de humedad relativa en los tres tratamientos de almacenamiento. .	12
6.	Comportamiento de temperatura en los tres tratamientos de almacenamiento. ....	13
7.	Correlaciones entre el porcentaje de germinación versus la humedad relativa, temperatura y el tiempo de almacenamiento de la semilla. ....	13
8.	Días óptimos de almacenamiento para garantizar un porcentaje de germinación de la semilla de un 80% como mínimo en cada tratamiento. ....	15
Figuras		Página
1.	Contenido de humedad de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el periodo de almacenamiento. ....	6
2.	Porcentaje de germinación de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el periodo de almacenamiento. ....	7
3.	Porcentaje de daños por insectos de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el periodo de almacenamiento. ....	9
4.	Porcentaje de daños por hongos de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el periodo de almacenamiento. ....	10
5.	Comportamiento de la humedad relativa de los tratamientos. ....	11
6.	Comportamiento de la temperatura en los tres tratamientos. ....	12
7.	Disminución del tiempo de almacenamiento en los tres tratamientos de almacenamiento de maíz con relación a los 120 días de almacenamiento. ....	15

Anexos	Página
1. Tabla para llevar el control del registro de humedad de la semilla. ....	19
2. Tabla 1 de análisis de calidad de semillas. ....	20
3. Tabla 2 de análisis de calidad de semillas. ....	21

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los principales cultivos de cereales en América Latina, estando presente en casi cualquier zona agrícola en cuanto a producción se refiere, desde el nivel del mar hasta 3000 metros de altura, con variabilidad en temperatura y con patrones de humedad muy amplios; con topografía diversa y con características edáficas muy extensas (Morris y Lopez 1997).

Es el cultivo primordial o que por excelencia se desarrolla en América Central, su importancia radica ya que es la base alimentaria de muchas familias y que también se destina para la crianza y producción animal como base forrajera y de concentrado. Por tanto al ser eslabón indispensable en una cadena de manutención y sobrevivencia de las poblaciones centroamericanas, se vuelve necesario la selección apropiada de semillas que perpetúen y aseguren el abastecimiento adecuado y que generen seguridad alimentaria. Todo esto se logra con un estudio detallado de características de calidad en la semilla de maíz (*Zea mays*), en este caso analizadas en tres métodos de almacenamiento.

El almacenamiento de semilla es un proceso que involucra factores o entes bióticos, además de distintos parámetros que repercuten en la calidad de la semilla como: humedad, germinación, temperatura, hongos, insectos etc. (Olakojo y Akinlosotu 2004; Neethirajan *et al.* 2007) citado por: (Hernández *et al.* 2009).

La semilla como organismo vivo continua con proceso fisiológico de respiración durante su etapa de almacenamiento dando como resultado humedad, energía en forma de calor lo que favorece la actividad metabólica de otros organismo vivos que se convierte en focos de contaminación para la misma semilla, causando daños en la calidad de la semilla (Alabandan y Oyewo 2005) citado por: (Hernández *et al.* 2009).

Hoy en día existen muchos métodos de almacenamiento, con el fin de prolongar por más tiempo y mantener los atributos de calidad para satisfacer las necesidades que el productor exige, alternativas como bodegas de concreto a temperatura ambiente, cuartos fríos con temperaturas y humedades controladas, nueva alternativa favorable de almacenamiento hermético es el Cocoon®, elaborado de PVC flexible que modifica el ambiente interno limitando la entrada de oxígeno, lo que genera un aumento de CO<sub>2</sub> debido a la respiración celular de la semilla, lo que permite mantenerla por largos periodos de almacenamiento para poder conservar las características de calidad como son porcentaje de germinación, daños por hongos e insectos y humedad del grano (Blandon 2010).

En este estudio se evaluará los objetivos siguientes:

- Determinar la calidad de la semilla de maíz en los tres tratamientos de almacenamiento durante 120 días del estudio.
- Determinar la correlación que existe entre los resultados de las condiciones externas de cada tratamiento y su efecto en la germinación de la semilla.
- Determinar mediante una ecuación lineal el tiempo óptimo de almacenamiento en los tres tratamientos utilizados en el estudio con base en la germinación de la semilla y cual tratamiento conserva las características de la semilla por mayor tiempo.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Localización del estudio.** El estudio se realizó en el laboratorio de tecnología de semillas y granos (CITESGRAN) de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, localizada en la cuenca del río Yeguaré, departamento de Francisco Morazán, Honduras; a 14° latitud norte y 87.02° latitud Oeste. A una altura de 800 m.s.n.m (Alfaro 2010), con una temperatura media anual de 24°C y una precipitación media anual de 1,100 mm. Considerado en la clasificación de zonas de vida de Holdrige como un bosque seco tropical.

El tiempo del estudio fue de 120 días, con intervalos de 15 días con un total de nueve tomas de datos partiendo del día 0 hasta el día 120 de almacenamiento en tres diferentes tratamientos y tres repeticiones, cada muestra se realizó de forma aleatoria según el diseño experimental realizando las siguientes pruebas: porcentaje de germinación, humedad de la semilla, daños por hongos e insectos, temperatura y humedad relativa en cada tratamiento.

Los tratamientos que se evaluaron se describen a continuación:

- Almacenamiento del grano en Cocoon®.
- Almacenamiento del grano en bodega.
- Almacenamiento del grano en cuarto frío.

### Materiales

- Semilla de maíz (*Zea mays*) variedad: tuxpeño.
- Bolsas plásticas.
- Cinta adhesiva.
- Lápiz para escritura en húmedo.
- Papel de siembra tipo KINPACK.
- Bandejas de Aluminio.
- Bandejas plásticas.

### Equipos

- Germinador modelo TPM-110, Marca: Hoffman Manufacturing CO.
- Homogeneizador GAMET.
- Medidor de humedad MOTOMCO 919.
- Muestradores.

- Balanza analítica.
- Medidor de temperatura y humedad relativa (Lascar High Accuracy Humidity and Temperature USB Logger).

**Procedimiento del muestreo.** La semilla de maíz fue estibada en proporciones de 4.77 toneladas en cada uno de los tratamientos haciendo un total de 14.31 toneladas utilizadas en el estudio. Para el muestro se utilizó un alveolo (de zigzag), la muestra tomadas fue de 2 kg. por cada tratamiento haciendo un total de 6 kg. posteriormente fueron homogenizadas en el laboratorio y se separaron sub-muestras de 1kg. un kilogramo de cada tratamiento fue almacenado como muestra de referencia y el otro kilogramo fue tomado para realizar los análisis de las variables a medir (humedad de la semilla, porcentaje de germinación y daños por hongos e insectos). Los análisis fueron realizados con base en las especificaciones de la Asociación Internacional de Ensayo de Semillas (ISTA 2010).

**Análisis de humedad de la semilla.** En cada muestra de 250g. se utilizó un método indirecto con el equipo (Motomco 919), que sirve para determinar el porcentaje de humedad de la semilla, el procedimiento seguido fue el siguiente:

- Se colocó cada muestra en el homogeneizador para asegurar la uniformidad de la muestra.
- Se realizó la calibración del equipo moviendo la perilla hacia arriba (calibración).
- La muestra homogenizada de 250 g. se depositó en la tolva receptora del equipo y se giró la perilla hacia abajo (operación).
- Presionar la palanca de abierto de la tolva receptora para lograr que la semilla se deposite en la cámara de medición.
- Se realizó un giro de la perilla cuidadosamente hacia la derecha hasta que la aguja alcance la posición más baja, a la izquierda del dial.
- Se anotó la lectura indicada por el equipo y se determinó el contenido de humedad de la semilla por medio de las tablas.

**Análisis de germinación.** El análisis para determinar la germinación de la semilla se llevó a cabo en el laboratorio de CITESGRAN de Zamorano. Se utilizaron cuatro repeticiones por cada tratamiento, para que la muestra fuera representativa. El procedimiento para determinar el porcentaje de germinación del maíz tuxpeño fue el siguiente:

- Se colocaron las 100 semillas en las tablas contadoras.
- Se realizó la siembra colocando la tabla contadora con las semillas sobre el papel KINPACK.

- Se colocó papel KINPACK en bandejas de aluminio en el germinador (TPM-110), asegurando que la temperatura fuera de 27°C y 95% de humedad relativa.
- Se realizó el conteo siete días después de la siembra para asegurar la germinación total de las semillas, evaluando el porcentaje de germinación con base en las siguientes características: germinadas, no germinadas y anormales.

**Análisis de daños por hongos e insecto.** Los análisis de daños por hongos e insectos se realizaron en el laboratorio CISTESGRAN de Zamorano, detallado en el siguiente procedimiento:

- Se uniformizó la muestra con el homogeneizador de granos (dos veces como mínimo).
- Se pesó 250 g. con la balanza analítica.
- Se examinaron las semillas por medio visual y se separaron por su tipo de daño.
- La evaluación visual de las semillas con daños por insectos en la separación fueron semillas que presentaron agujeros que deja el insecto.
- La evaluación visual de las semillas con daños por hongos en la separación fueron las semillas que presentaron más del 50% un cambio de color a gris.
- Se pesó en la balanza analítica la cantidad de semillas dañadas, para determinar el porcentaje de daños de la semilla.

**Análisis de temperatura y humedad relativa.** Se midió el efecto de la temperatura y humedad relativa utilizando un aparato llamado USB easylog, en cada tratamiento de almacenamiento, en los cuales se tomaron datos cada 15 días. Se obtuvieron datos durante los 120 días del estudio lo que permitió realizar curvas de comportamiento de la semilla para poder evaluar cada tratamiento.

**Análisis estadístico.** Los datos obtenidos durante el estudio fueron analizados con el sistema estadístico SAS® versión 9.1. Se uso un Diseño Completamente al Azar (DCA) con medidas repetidas en el tiempo los días 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120; tres tratamiento y tres repeticiones para un total de 9 unidades experimentales.

Los tratamientos fueron los siguientes:

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

Se realizaron correlaciones entre la germinación con relación a la temperatura, humedad relativa y el tiempo de almacenamiento de cada tratamiento. Se realizó una regresión para determinar el tiempo óptimo de almacenamiento de la semilla en cada tratamiento con relación en la germinación.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Contenido de humedad de la semilla.** La humedad inicial en los tres tratamientos fue de 12.68%. El contenido de humedad de la semilla en los tratamientos de bodega y en Cocoon® se mantuvieron similares en todo el periodo de almacenamiento; lo contrario sucedió con el tratamiento de almacenamiento en cuarto frío, el cual presentaba porcentajes de humedades en crecimiento al inicio del estudio lo cual se logró reducir ese incremento a partir del día 60 adicionando un extractor de humedad para lograr un equilibrio entre la humedad relativa del cuarto frío y la humedad de la semilla (Figura 1) la humedad final del los tres tratamientos fueron muy similares presentando el Cocoon® 12.62% de humedad, bodega un 12.70% y el cuarto frío un 12.79% de humedad.

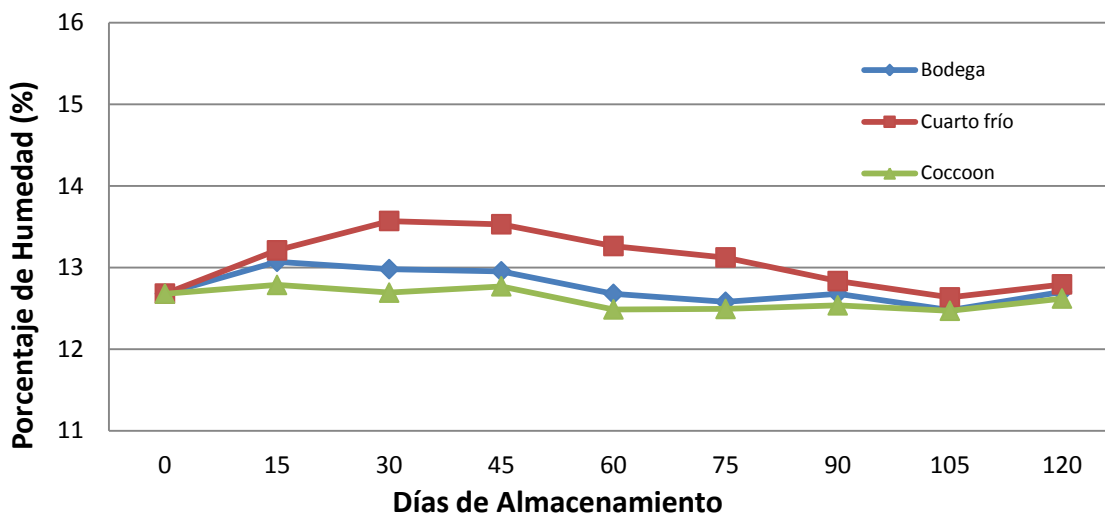


Figura 1. Contenido de humedad de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el periodo de almacenamiento.

La separación de medias Duncan indicó que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) entre los tratamiento de almacenamiento, el cuarto frío presentó una media más alta el día 60 (13.26%) y los tratamientos de bodega y Cocoon® no presentaron diferencias significativas en todo el estudio. los resultados de las medias por separación en el tiempo nos indican que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Por lo tanto las condiciones de temperatura, humedad relativa y tiempo de almacenamiento, nos afecta directamente en la humedad de la semilla de cada tratamiento (Cuadro 1).

Según la FAO (1993), la humedad de la semilla no tiene que superar el 15% para su almacenamiento ya que si supera este límite es un medio ideal para el crecimiento de hongos. Podemos observar en el cuadro 1. que los valores de humedad de la semilla utilizada en el estudio nunca superaron el nivel máximo permitido.

Cuadro 1. Porcentaje de humedad de la semilla en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento de maíz.

TRT	Día 0 Media ± D.E.	Día 60 Media ± D.E.	Día 120 Media ± D.E.
Bodega	12.70 ± 0.36 <sup>a(x)</sup>	12.70 ± 0.34 <sup>b(x)</sup>	12.70 ± 0.47 <sup>a(x)</sup>
Cuarto frío	12.68 ± 0.36 <sup>a(y)</sup>	13.26 ± 0.11 <sup>a(x)</sup>	12.79 ± 0.21 <sup>a(xy)</sup>
Cocoon®	12.70 ± 0.36 <sup>a(x)</sup>	12.50 ± 0.21 <sup>b(x)</sup>	12.60 ± 0.20 <sup>a(x)</sup>

<sup>ab</sup> Medias en las misma columnas con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), <sup>(xy)</sup> Letras diferentes entre paréntesis en las filas indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ), D.E= Desviación estándar.

**Porcentaje de germinación de maíz.** Se observó como disminuye la germinación desde el día 0 hasta el día 120 en los tres tratamientos de almacenamiento. La germinación inicial fue de 97.70% en los tres métodos, se observó que el Cocoon® fue el que presentó mejores resultados en lo largo del estudio finalizando con una germinación de 87.10%. % (Figura 2). Por lo tanto los tratamiento de cuarto frío y bodega se comportaron similar durante el estudio obteniendo una germinación final al día 120 de 84.16% para el tratamiento de cuarto frío y el tratamiento de bodega con 84.60%.

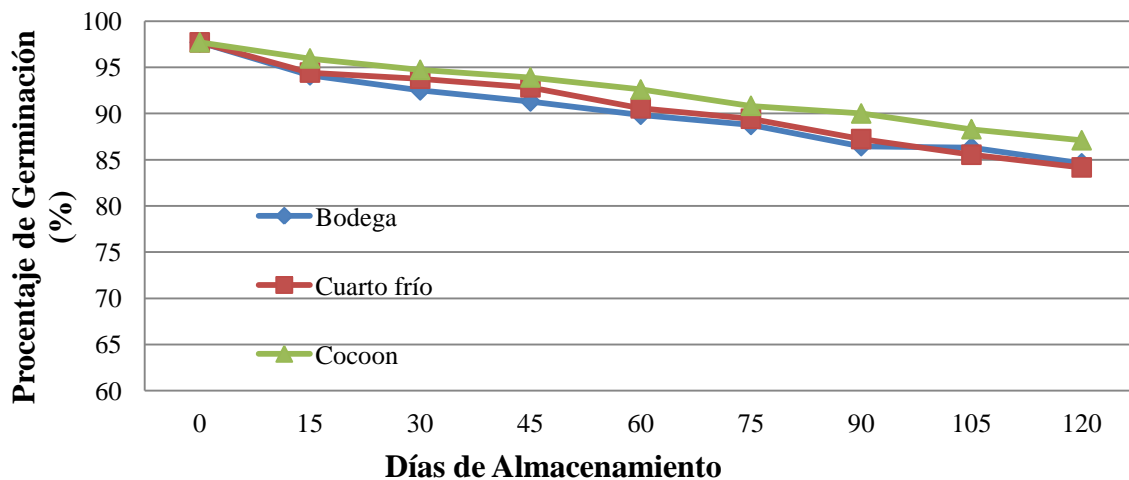


Figura 2. Porcentaje de germinación de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el periodo de almacenamiento.

Las separaciones de medias Duncan indicó que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, el Cocoon® presentó mejores resultados a partir del día 60 con una media de 92.60% y finalizar el estudio con 87.10% al día 120. Los resultados de la separación en el tiempo nos indican que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) dentro de cada tratamiento. Por lo tanto las condiciones de temperatura, humedad relativa y tiempo de almacenamiento, nos afecta directamente en la reducción del porcentaje de germinación de cada tratamiento (Cuadro 2).

Estudios realizados por Rodríguez *et al.* (2001), demuestra que el poder germinativo de la semilla en almacenamiento herméticos reduce un 14% en 153 días de almacenamiento, comparando con este estudio observamos en el cuadro 2 que el cocoon® fue el tratamiento que redujo el 12% del poder germinativo de la semilla al día 120, mientras que los otros dos tratamientos obtuvieron valores superiores.

Cuadro 2. Porcentaje de germinación de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento.

TRT	Día 0	Día 60	Día 120
	Media $\pm$ D.E.	Media $\pm$ D.E.	Media $\pm$ D.E.
Cocoon®	97.70 $\pm$ 0.62 <sup>a(x)</sup>	92.60 $\pm$ 0.15 <sup>a(y)</sup>	87.10 $\pm$ 0.58 <sup>a(z)</sup>
Cuarto frío	97.70 $\pm$ 0.62 <sup>a(x)</sup>	90.56 $\pm$ 0.69 <sup>b(y)</sup>	84.16 $\pm$ 0.05 <sup>b(z)</sup>
Bodega	97.70 $\pm$ 0.62 <sup>a(x)</sup>	89.86 $\pm$ 0.49 <sup>b(y)</sup>	84.60 $\pm$ 0.62 <sup>b(z)</sup>

<sup>ab</sup> Medias en las misma columnas con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), <sup>(xyz)</sup> Letras diferentes entre paréntesis en las filas indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ), D.E= Desviación estándar.

**Daños por insectos.** Los daños iniciales de la semilla por insectos en los tres tratamientos fue de 0.23%. Los daños en los tratamientos de almacenamiento de grano en bodega y cuarto frío fueron aumentando similarmente, finalizando con 1.53% en el cuarto frío y 1.66% en la bodega de almacenamiento (Figura 3). Por lo cual el tratamiento de Cocoon® fue el que presentó menores daños en todo el tiempo de almacenamiento finalizando con 1.05% de daños por insectos.

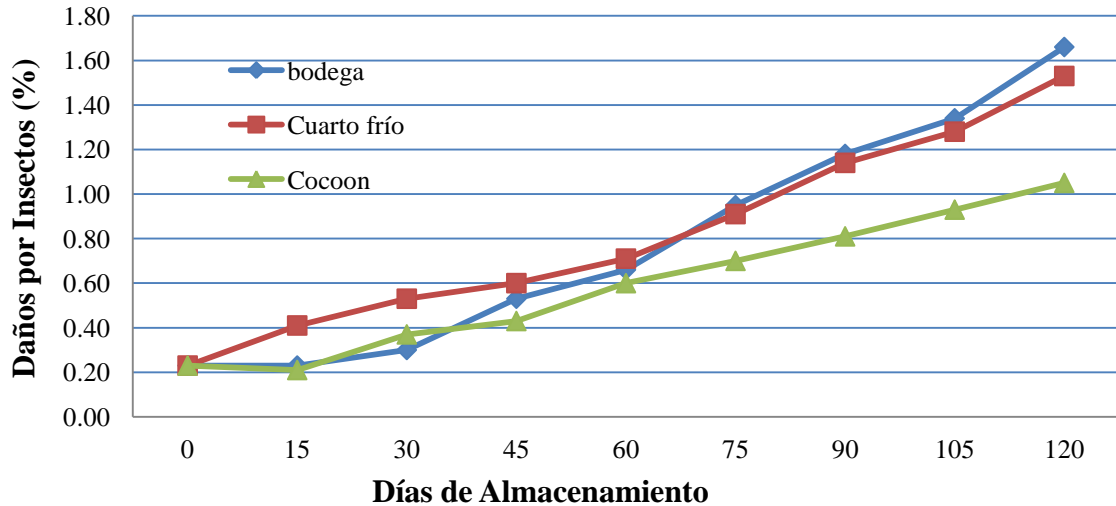


Figura 3. Porcentaje de daños por insectos de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el periodo de almacenamiento.

Las separaciones de medias Duncan indicó que existe diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los tratamientos, solo el Cocoon® presentó diferencias al final del estudio obteniendo menor daños por insectos (1.05%). Los resultados de las medias por separación en el tiempo dentro de cada tratamiento lo que indica que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ). Por lo tanto las condiciones de temperatura, humedad relativa y tiempo de almacenamiento, nos afecta directamente en los daños por insectos de cada tratamiento (Cuadro 3).

Según Rodríguez *et al.* (2001), un aumento de dióxido de carbono y una reducción de oxígeno en almacenamientos hermético reduce la capacidad de producción o desarrollo de insectos, por lo que podemos comparar que el tratamiento cocoon® fue el que presentó un menor daño por insecto al finalizar el estudio esto concuerda con las especificaciones de la empresa GrainPro (2011).

Cuadro 3. Porcentaje de daños por insectos de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento.

TRT	Día 0 Media $\pm$ D.E.	Día 60 Media $\pm$ D.E.	Día 120 Media $\pm$ D.E.
Cocoon®	0.23 $\pm$ 0 <sup>a(z)</sup>	0.60 $\pm$ 0.12 <sup>a(y)</sup>	1.05 $\pm$ 0.14 <sup>b(x)</sup>
Cuarto frío	0.23 $\pm$ 0 <sup>a(z)</sup>	0.71 $\pm$ 0.17 <sup>a(y)</sup>	1.53 $\pm$ 0.15 <sup>a(x)</sup>
Bodega	0.23 $\pm$ 0 <sup>a(z)</sup>	0.66 $\pm$ 0.10 <sup>a(y)</sup>	1.66 $\pm$ 0.11 <sup>a(x)</sup>

<sup>ab</sup> Medias en las misma columnas con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), <sup>(xyz)</sup> Letras diferentes entre paréntesis en las filas indican diferencias significativas en el tiempo ( $P < 0.05$ ), D.E= Desviación estándar.

**Daños por hongos.** Se observó como incrementaban los daños por hongos desde el día 0 hasta el día 120 en los tres tratamientos de almacenamiento. Los daños por hongos de la semilla inicial fue de cero % en los tres tratamientos, se observó que el tratamiento del cuarto frío fue el que presentó mayor grado de daños a lo largo del estudio, finalizando con un porcentaje de daños de 0.76% (Figura 4). Por lo tanto los tratamiento de Cocoon® y bodega van aumentando similarmente durante todo el estudio, obteniendo menores daños finales de 0.53% para el tratamiento de Cocoon® y el tratamiento de bodega con daños de 0.60% al día 120, pero significativamente no existe diferencias en los tres tratamiento.

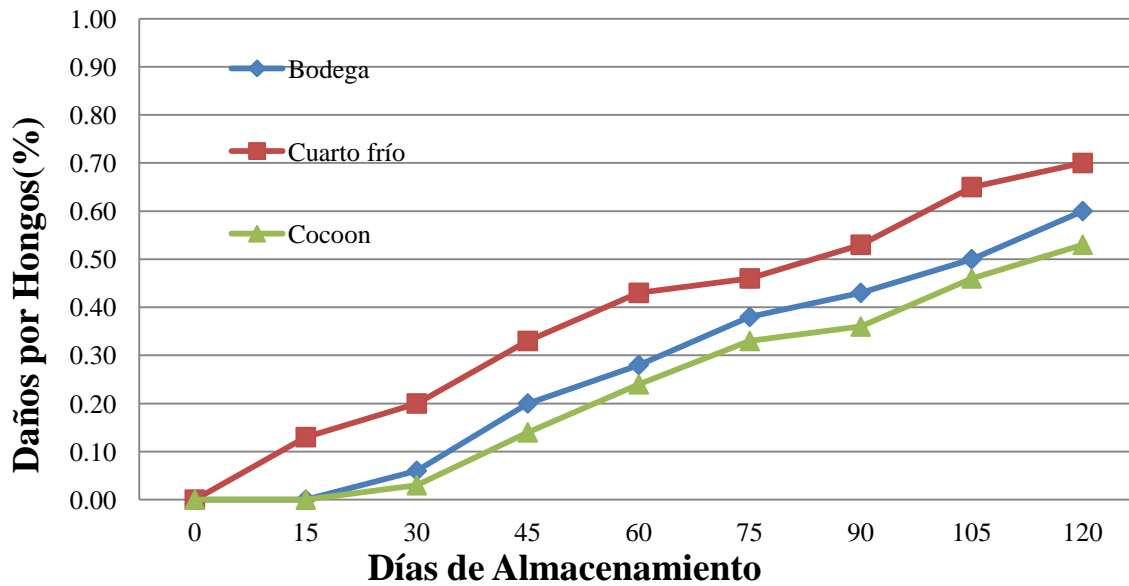


Figura 4. Porcentaje de daños por hongos de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el periodo de almacenamiento.

La separación de medias Duncan se observó que no hay diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en los tres tratamientos. En las separaciones de medias en el tiempo se determinó que existen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) dentro de cada tratamiento. Por lo tanto las condiciones de temperatura, humedad relativa y tiempo de almacenamiento, nos afecta directamente en los daños por hongos de cada tratamiento (Cuadro 4).

Según Alabandan (2006), la temperatura y humedad relativa son los factores determinantes para el desarrollo de hongos en el almacenamiento indicando que a niveles mayores de  $35^{\circ}\text{C}$  y 70% HR. hay una mayor crecimiento de daños en la semilla, comparando con los resultados del estudio ninguno de los tres tratamientos supero esos niveles. Por lo que los daños por hongos bajo las condiciones de cada uno de los tratamientos no es un problema en el almacenamiento.

Cuadro 4. Porcentaje de daños por hongos de la semilla de maíz en los tres tratamientos durante el tiempo de almacenamiento.

TRT	Día 0 Media ± D.E.	Día 60 Media ± D.E.	Día 120 Media ± D.E.
Cocoon®	0 ± 0 <sup>a(z)</sup>	0.24 ± 0.09 <sup>a(y)</sup>	0.53 ± 0.06 <sup>a(x)</sup>
Cuarto frío	0 ± 0 <sup>a(z)</sup>	0.43 ± 0.06 <sup>a(y)</sup>	0.70 ± 0.49 <sup>a(x)</sup>
Bodega	0 ± 0 <sup>a(y)</sup>	0.28 ± 0.12 <sup>a(y)</sup>	0.60 ± 0.17 <sup>a(x)</sup>

<sup>a</sup> Medias en las misma columnas con letras diferentes indican diferencias significativas (P<0.05), <sup>(xyz)</sup> Letras diferentes entre paréntesis en las filas indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05), D.E= Desviación estándar.

**Humedad relativa.** La Figura 5 demuestra que los tres tratamientos presentaron comportamientos estables a lo largo de todo el estudio, en los tratamientos de Cocoon® y cuarto frío la humedad relativa fue mayor a 60°C, comparando con la bodega que fue menor a 50°C en todo el tiempo de almacenamiento, lo cual nos indica las diferentes condiciones de cada uno de los tratamiento.

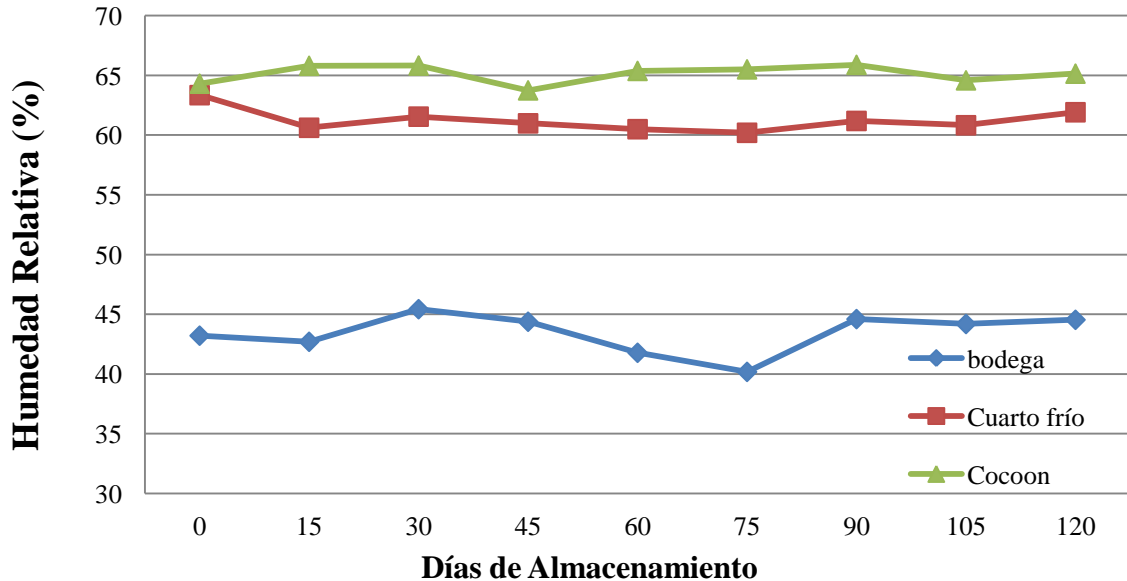


Figura 5. Comportamiento de la humedad relativa de los tratamientos.

Las separaciones de medias Duncan indicó que existe diferencias significativas (P<0.05) entre los tratamientos (Cuadro 5). Los resultados de las medias por separación en el tiempo nos indican que no hay diferencias significativas (P>0.05) dentro de cada uno de los tratamientos. Lo que indicó que bajo las condiciones de cada tratamiento el tiempo no es un factor determinante en la humedad relativa de almacenamiento.

Cuadro 5. Porcentaje de humedad relativa en los tres tratamientos de almacenamiento.

TRT	Día 0 Media $\pm$ D.E.	Día 60 Media $\pm$ D.E.	Día 120 Media $\pm$ D.E.
Cocoon®	64.31 $\pm$ 1.03 <sup>a(x)</sup>	65.38 $\pm$ 1.05 <sup>a(x)</sup>	65.15 $\pm$ 0.95 <sup>a(x)</sup>
Cuarto frío	63.35 $\pm$ 1.03 <sup>a(x)</sup>	60.50 $\pm$ 1.19 <sup>a(x)</sup>	61.92 $\pm$ 0.59 <sup>b(x)</sup>
Bodega	43.21 $\pm$ 2.85 <sup>b(x)</sup>	41.78 $\pm$ 2.10 <sup>b(x)</sup>	44.54 $\pm$ 1.15 <sup>c(x)</sup>

<sup>abc</sup> Medias en las misma columnas con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), <sup>(x)</sup> Letras iguales entre paréntesis en las filas indican que no hay diferencias significativas en el tiempo ( $P > 0.05$ ), D.E= Desviación estándar.

**Temperatura.** La Figura 6 nos describe el comportamiento de la temperatura en cada uno de los tratamientos de almacenamiento. El tratamiento del cuarto frío presenta menores temperaturas de almacenamiento de 16.2°C comparando los otros dos tratamientos. El tratamiento Cocoon® obtuvo una temperatura promedio de 27.2°C, obteniendo dicha temperatura si cumple correctamente y mantiene sus condición hermética, por lo que ayuda a crear un ambiente propicio para que reduzca el crecimiento de hongos e insectos, ya que los niveles de oxígeno disminuyen al grado en que el insecto y los hongos no puedan reproducirse. La bodega obtuvo un promedio de 29°C en el almacenamiento, el cual fue muy similar al comportamiento del Cocoon® de en todo el tiempo del estudio.

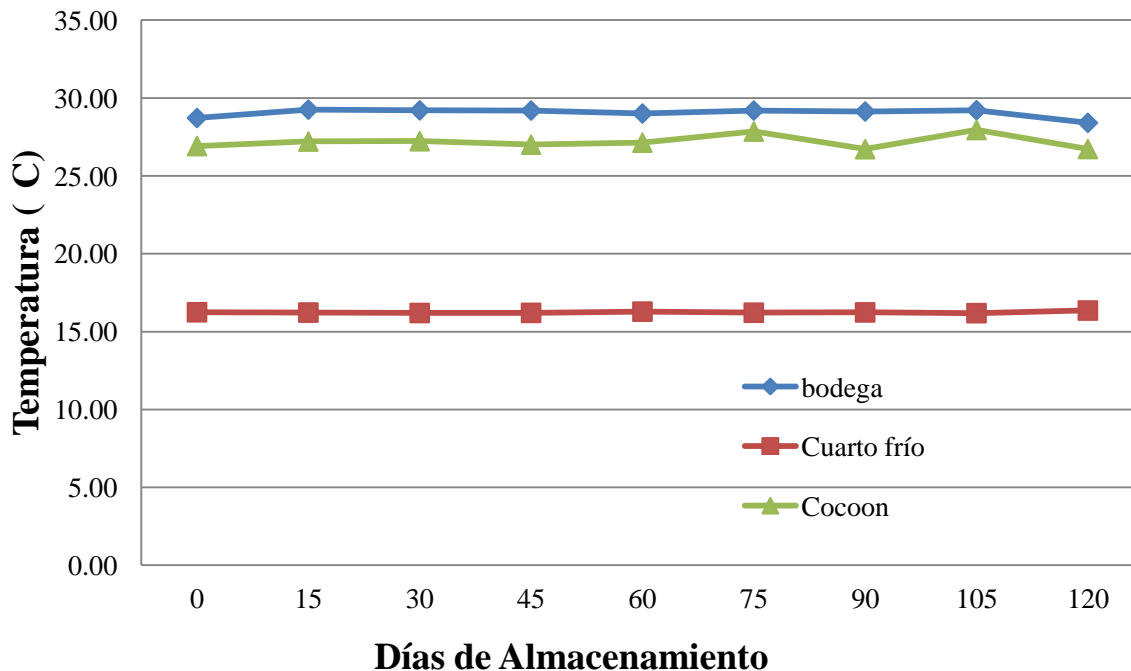


Figura 6. Comportamiento de la temperatura en los tres tratamientos.

La separación de medias Duncan indicó que hay diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en entre tratamientos ya que las condiciones de cada tratamiento son distintas. En las separaciones de medias en el tiempo se determinó que no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) dentro de cada tratamiento. Lo que indica que bajo las condiciones de cada tratamiento el tiempo no es un factor determinativo en la temperatura de almacenamiento. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Comportamiento de temperatura en los tres tratamientos de almacenamiento.

TRT	Día 0	Día 60	Día 120
	Media $\pm$ D.E.	Media $\pm$ D.E.	Media $\pm$ D.E.
Cocoon®	26.92 $\pm$ 0.20 <sup>b(x)</sup>	27.14 $\pm$ 0.28 <sup>b(x)</sup>	26.73 $\pm$ 1.15 <sup>b(x)</sup>
Cuarto frío	16.25 $\pm$ 0.16 <sup>c(x)</sup>	16.29 $\pm$ 0.04 <sup>c(x)</sup>	16.36 $\pm$ 0.17 <sup>c(x)</sup>
Bodega	28.72 $\pm$ 0.07 <sup>a(x)</sup>	29.01 $\pm$ 0.14 <sup>a(x)</sup>	28.41 $\pm$ 0.09 <sup>a(x)</sup>

<sup>abc</sup> Medias en las misma columnas con letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ), <sup>(x)</sup> Letras iguales entre paréntesis en las filas indican que no hay diferencias significativas en el tiempo ( $P > 0.05$ ), D.E= Desviación estándar.

**Correlaciones.** Podemos determinar cómo la germinación es afectada por el tiempo de almacenamiento, por lo tanto podemos decir que el tiempo de almacenamiento bajo las condiciones de cada tratamiento es el factor que más influye en la disminución del porcentaje de germinación de la semilla. La humedad relativa y la temperatura no poseen una relación directa en la germinación, para lo cual se realizó una correlación entre las variables descrita en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Correlaciones entre el porcentaje de germinación versus la humedad relativa, temperatura y el tiempo de almacenamiento de la semilla.

TRT	H.R.	Tiempo	Temperatura
Bodega	-0.09925 <sup><math>\pi</math></sup>	-0.969 <sup><math>\pi</math></sup>	0.10282 <sup><math>\pi</math></sup>
	0.6224 <sup>&amp;</sup>	<0.0001 <sup>&amp;</sup>	0.6098 <sup>&amp;</sup>
Cuarto frío	0.22983 <sup><math>\pi</math></sup>	-0.98255 <sup><math>\pi</math></sup>	-0.22021 <sup><math>\pi</math></sup>
	0.2488 <sup>&amp;</sup>	<.0001 <sup>&amp;</sup>	0.2697 <sup>&amp;</sup>
Cocoon®	-0.07144 <sup><math>\pi</math></sup>	-0.98077 <sup><math>\pi</math></sup>	-0.12572 <sup><math>\pi</math></sup>
	0.7232 <sup>&amp;</sup>	<.0001 <sup>&amp;</sup>	0.5321 <sup>&amp;</sup>

<sup>$\pi$</sup> Correlación

&Probabilidad ( $P < 0.05$ )

**Porcentaje de germinación-humedad relativa.** No hay correlación ( $P>0.05$ ). La razón es porque la humedad relativa en ninguno de los tres tratamientos no alcanzó los límites de humedad para que ocurra un efecto directo en la disminución en la germinación de la semilla (Cuadro 7).

Según la FAO (1993) indica que la humedad relativa no tiene que ser mayor a 70% para que no ocurra un efecto directo en el porcentaje de germinación, manteniendo la calidad de la semilla, libre de hongos e insectos por consecuencia un alto poder germinativo.

**Porcentaje de germinación-tiempo de almacenamiento.** Para la variable tiempo de almacenamiento, se encontró que hay una correlación alta negativa con el porcentaje de germinación en los tres métodos de almacenamiento, lo que indica que si existió correlación entre el tiempo y el porcentaje de germinación. A medida que aumenta el tiempo de almacenamiento, el porcentaje de germinación va disminuyendo (Cuadro 7).

**Porcentaje de germinación-temperatura.** No hay correlación ( $P>0.05$ ). La razón es porque la temperatura en ninguno de los tres tratamientos no alcanzó los límites para que ocurra un efecto directo en la disminución de la germinación de la semilla (Cuadro 7).

Según la FAO (1993) indica que la temperatura de almacenamiento no tiene que ser mayor a 35°C para que no ocurra un efecto directo en el porcentaje de germinación, manteniendo la calidad de la semilla, libre de insectos por consecuencia un alto poder germinativo, y en ambiente de temperaturas frías no tiene que superar los 17°C.

**Tiempo optimo de almacenamiento.** El tiempo de almacenamiento es uno de los parámetros más importantes que nos indica que tan eficiente pueden ser los métodos de almacenamiento, se tomó en cuenta el porcentaje de germinación como parámetro para determinar por medio de una ecuación lineal el tiempo máximo de almacenamiento de maíz para cada tratamiento, hasta llegar a un porcentaje mínimo de germinación del 80% en almacenamiento (menor al 80% de germinación es considerado un grano).

En la Figura 7, las ecuaciones muestran la disminución del porcentaje de germinación del maíz en cada uno de los tratamientos, durante el estudio. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) es el que nos indica que tan ajustados son los datos al modelo lineal.

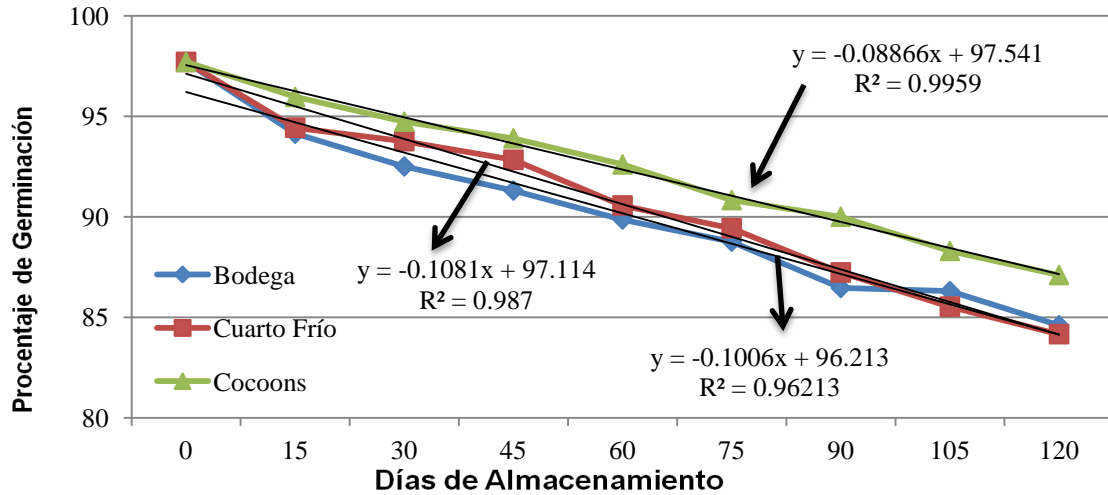


Figura 7. Disminución del tiempo de almacenamiento en los tres tratamientos de almacenamiento de maíz con relación a los 120 días de almacenamiento.

El Cuadro 8. Detalla el tiempo recomendado de almacenamiento para asegurar el 80% mínimo de germinación de la semilla, por lo tanto para cada ecuación se realizó un despeje de la variable tiempo de almacenamiento (X), para determinar el tiempo óptimo de almacenamiento y no perder las características ideales de germinación en la comercialización de la semilla.

Cuadro 8. Días óptimos de almacenamiento para garantizar un porcentaje de germinación de la semilla de un 80% como mínimo en cada tratamiento.

TRT	Ecuación	R <sup>2</sup>	Tiempo
Bodega	$y = -0.1006x + 96.213$	0.969	161
Cuarto frío	$y = -0.1081x + 97.114$	0.987	158
Cocoon®	$y = -0.0866x + 97.541$	0.996	203

(R<sup>2</sup>) Indica que tan ajustados son los datos al modelo lineal.

Tiempo. Es el periodo necesario de almacenamiento para lograr un porcentaje de germinación de la semilla con un 80% mínimo en las condiciones de cada tratamiento

#### **4. CONCLUSIONES**

- El tratamiento que mejor conservó las características de la semilla fue el Cocoon®, ya que se obtuvo un mayor porcentaje de germinación y menores daños por insectos, al igual que una menor pérdida de humedad de la semilla a través del tiempo.
- El análisis de correlación determinó que el tiempo de almacenamiento fue el factor que afectó las características de la semilla de maíz en cada tratamiento.
- El tratamiento que obtuvo mayor tiempo de almacenamiento fue el Cocoon®, logrando 203 días sin perder sus atributos de calidad.

## **5. RECOMENDACIONES**

- En futuros estudios se recomienda que la frecuencia de muestreo sean por mayor tiempo para evitar romper el hermetismo en los cocoon®.
- Realizar un estudio con diferentes niveles de dióxido de carbono en el cocoon®.
- Realizar un estudio con diferentes variedades de maíz.
- Monitorear periódicamente la temperatura y humedad relativa del cuarto frío, para evitar cualquier tipo de variaciones no deseadas que se puedan generar en el estudio por el mal funcionamiento de los equipos.
- Promocionar el Cocoon® como una alternativa favorable para el almacenamiento de semillas a productores de la zona, ya que se han obtenido buenos resultados en los estudios realizados con esta tecnología.

## 6. LITERATURA CITADA

Alababan B. 2006. Department of Agricultural Engineering. Federal University of Technology. Temperature Changes in Bulk Stored Maize. Nigeria.187-192p.

Alfaro J. 2010. Evaluación de tres sistemas de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) Variedad: Sureño, en Zamorano. Honduras. 27p.

Blandon M. 2010. Evaluación de tres métodos de almacenamiento de frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y su efecto en los atributos de calidad del grano. Honduras. 36p.

FAO. 1993. Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. Departamento de Agricultura. (en línea). Consultado el 06 de octubre del 2011. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5027S/x5027S01.htm#Humedad>

GrainPro. 2011. Cocoons™ (en línea). Consultado el 10 de Agosto de 2011. Disponible en: <http://www.grainpro.com/sp/grainpro-cocoons.php>

Hernández C.; Rodriguez Y.; Zulay N.; Perez S. 2009. Universidad de Córdoba. Facultad de Ingeniería. Efecto del Almacenamiento de Granos de Maíz (*Zea mays*) sobre la Calidad del Aceite Extraído. Valencia. España. Vol.20 (4).21-30p.

INTA Balcacer. 2006. Calidad del grano de maíz. Sitio argentino de producción animal. Argentina. 1-3p.

ISTA. 1976. International Seed Testing Asociation. Ministerio de Agricultura. Artes gráficos Danubio. Madrid. España. 171p.

Morris, M. y López, M. 2000. Impacto del mejoramiento de maíz en América Latina 1966-1997, México D.F. (en línea). Consultado el 06 de Agosto de 2011. Disponible en: [http://books.google.hn/books?id=nyCNLldlpqsC&printsec=frontcover&dq=Impactos+del+mejoramiento+de+ma%C3%ADz+en+Am%C3%A9rica+Latina+1966-1997&hl=es&ei=iSSgTLqfG8L6lwfy\\_J3iCQ&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCYQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false](http://books.google.hn/books?id=nyCNLldlpqsC&printsec=frontcover&dq=Impactos+del+mejoramiento+de+ma%C3%ADz+en+Am%C3%A9rica+Latina+1966-1997&hl=es&ei=iSSgTLqfG8L6lwfy_J3iCQ&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCYQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false)

Rodríguez, J. C., Bartosik, R. E., Malinarich H.D., Exilart, J.P. y Nolasco, M.E. 2001. Fundación ArgeINTA delegación de buenos aires sur. Almacenamiento de grano en bolsas plásticas: sistema silobag. Argentina 1-27p.

## 7. ANEXOS

Anexo 1. Tabla para llevar el control del registro de humedad de la semilla.

AGROINDUSTRIA

LOTE: \_\_\_\_\_  
 VARIEDAD: \_\_\_\_\_ PROCEDENCIA: \_\_\_\_\_  
 AGRICULTOR: \_\_\_\_\_ FECHA DE RECIBO: \_\_\_\_\_

Fecha de toma de muestra	Por arriba	Hora	Por abajo	Hora	T	H.R
8	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____		
9	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____		
10	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____		
11	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____		
12	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____		
13	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____		
14	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____	1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____ Promedio: _____ _____	_____		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_

## Anexo 2. Tabla 1 de análisis de calidad de semillas.

Escuela Agrícola Panamericana  
Carrera de Agroindustria  
Laboratorio de Tecnología de Semillas  
Análisis de Calidad de Semillas

Cultivo \_\_\_\_\_  
 Productor \_\_\_\_\_  
 Lote \_\_\_\_\_  
 Muestra \_\_\_\_\_  
 Variedad \_\_\_\_\_  
 Existencia del lote \_\_\_\_\_  
 Categoría \_\_\_\_\_  
 Solicitante \_\_\_\_\_  
 Humedad \_\_\_\_\_

Nº de muestra \_\_\_\_\_  
 Fecha de recibo de muestra \_\_\_\_\_  
 Fecha de muestreo \_\_\_\_\_  
 Muestra tomada por \_\_\_\_\_  
 Remitente \_\_\_\_\_  
 Peso de la muestra \_\_\_\_\_  
 Fecha de cosecha \_\_\_\_\_  
 Fecha de análisis \_\_\_\_\_  
 Germinación % \_\_\_\_\_  
 Semillas duras % \_\_\_\_\_

Pureza física.		
Peso inicial _____		
De la muestra _____		
	Peso	%
Componentes		
Semilla pura		
Semilla de otro cultivo		
Semillas de malezas		
Impurezas		

% de daño	
Análisis efectuado en muestra de semilla manchada	
Daños por hongos _____	
Daños por insectos _____	
Daño mecánico visible _____	
Daño mecánico no visible _____	
Pre-germinados _____	

Pureza varietal	
Análisis efectuado en muestra _____	
Semillas de otra variedad (No/Kg) _____	
Semilla de otro cultivo (No/Kg) _____	
Semilla de otra variedad _____	

Densidad	
Nº de semillas por Kg. _____	
Peso bushel (hectolitro) _____	

Malezas nocivas	
Semillas/Kg de _____	
Semillas/kg de _____	
Semillas/kg de _____	

Análisis de vigor y variabilidad	
Tetrazolium _____	
Tetrazolium semillas viables _____	
Tetrazolium semilla no viable _____	
Germinación 1er. conteo _____	
Envejecimiento acelerado _____	
Otras evaluaciones (test) de vigor _____	

## OBSERVACIONES:

Fecha de establecimiento de la prueba \_\_\_\_\_  
 Fecha primer conteo \_\_\_\_\_  
 Germinado utilizando \_\_\_\_\_  
 Substrato usado \_\_\_\_\_

Temperatura \_\_\_\_\_  
 Nº de repetición \_\_\_\_\_  
 Nº de semillas por repetición \_\_\_\_\_  
 Tratamiento especial \_\_\_\_\_

## Anexo 3. Tabla 2 de análisis de calidad de semillas.

Contenido de humedad			
Peso humedo	Peso seco	PH-PS	Humedad
			%

Repeticion	Viabiles		N° de viabiles	
	N°	%	N°	%
1				
2				
3				
4				
Total				

Repeticiones		Normales	Anormales	Frescas	Duras	Muertas
1	1er					
	2da					
Total						
2	1er					
	2da					
Total						
3	1er					
	2da					
Total						
4	1er					
	2da					
total						

## OBSERVACIONES

Jefe tecnología de granos y semillas  
 Ing. Edward Moncada  
 Tel. 776-6140 Ext. 2106  
 Email: emoncada@zmcaraño.edu

Tecnico de laboratorio  
 Juan Francisco García  
 Tel: 776-6141 Ext. 2309