

**Evaluación de tres sistemas de
almacenamiento de semilla de sorgo
(*Sorghum bicolor*) Variedad: Sureño, en
Zamorano**

Jorge Luis Alfaro Colindres

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2010

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

**Evaluación de tres sistemas de
almacenamiento de semilla de sorgo
(*Sorghum bicolor*) Variedad: Sureño, en
Zamorano**

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

Presentado por

Jorge Luis Alfaro Colindres

Zamorano, Honduras

Diciembre, 2010

**Evaluación de tres sistemas de
almacenamiento de semilla de sorgo
(*Sorghum bicolor*) Variedad: Sureño, en
Zamorano**

Presentado por:

Jorge Luis Alfaro Colindres

Aprobado:

Edward Moncada, M.A.E.
Asesor principal

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

Jaime Nolasco, M.A.E.
Asesor

Raúl Espinal, Ph.D.
Decano Académico

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

RESUMEN

Alfaro, J. 2010. Evaluación de tres sistemas de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad Sureño, en Zamorano. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 21 p.

El objetivo del estudio fue evaluar la calidad física, la viabilidad de la semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad Sureño, y determinar los efectos de deterioro causados por las condiciones de almacenamiento. Se realizó un experimento con semilla de sorgo en el que se evaluó el tiempo de almacenamiento en tres ambientes diferentes: cuarto frío a 17.47°C, HR 83.22% promedio, bodega a temperatura ambiente 32.20°C, HR 51.33% promedio y un sistema de almacenamiento hermético Cocoons™ a 28.31°C, HR 49.70% promedio en un período de 4 meses. Las variables evaluadas fueron: vigor, germinación, contenido de humedad, temperatura, humedad relativa y daños por insectos. No se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en germinación Cocoons™ (A 86.39) y cuarto frío (A 84.63) a diferencia de bodega a temperatura ambiente (B 81.45) en los diferentes tratamientos. En conclusión se determinó que el mejor tratamiento fue Cocoons™, obtuvo los mejores resultados en todas las variables evaluadas a lo largo del estudio. La semilla fue afectada por el tiempo de almacenamiento, que junto a factores como la temperatura y humedad relativa incidieron en el decrecimiento de la germinación y vigor de la semilla. Se recomienda tener un control de la humedad en los cuartos fríos e implementar un sistema de monitoreo en las áreas de almacenamiento que permita llevar un control de la viabilidad de la semilla.

Palabras clave: Almacenamiento, atmosfera controlada, hermético, semilla.

CONTENIDO

Portadilla.....	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido.....	iv
Índice de cuadros, figuras	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	8
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	11
5. CONCLUSIONES	18
6. RECOMENDACIONES	19
7. LITERATURA CITADA	20

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS

Cuadro	Página
1. Descripción de los diferentes Tratamientos.....	9
2. Evaluación del efecto de 3 tratamientos de almacenamiento en el porcentaje de germinación en semillas de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño.....	12
3. Evaluación del efecto de 3 tratamientos de almacenamiento, en el porcentaje de envejecimiento acelerado en la semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño.....	12
4. Evaluación del efecto de 3 tratamientos de almacenamiento, en el porcentaje de humedad en la de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño.....	14
5. Evaluación de los porcentajes de humedad relativa en los lugares de almacenamiento de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño.....	15
6. Evaluación de la temperatura en los lugares de almacenamiento de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño.....	16
7. Evaluación de la presencia de insectos en los diferentes tratamientos a lo largo del estudio.....	17

Figura	Página
1. Descripción del comportamiento del % de germinación en semillas de sorgo en 120 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos.....	11
2. Descripción del comportamiento del % de humedad en semillas de sorgo en 120 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos.....	13
3. Descripción del comportamiento del % de humedad relativa en los lugares de almacenamiento de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño, en 120 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos.....	14
4. Descripción del comportamiento de la temperatura en el lugar de almacenamiento de la semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) variedad: Sureño, en 120 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos.....	15

1. INTRODUCCIÓN

El sorgo es el quinto cereal más importante del mundo, por las cantidades producidas y extensiones de tierra cultivadas. Aproximadamente el 90 por ciento de la superficie de los países en desarrollo tienen como cultivo el sorgo, principalmente en África y Asia. Este producto es cultivado básicamente en zonas áridas y con escasez de precipitación y por la sequía por lo general estos lugares tienen temperaturas altas y no son apropiados para la siembra de otros cereales. El sorgo se destina tanto a la alimentación humana como animal (FAO 1996).

Entre los componentes del rendimiento del sorgo, el número de semillas es considerado como más importante siendo menos influyente el peso de la misma. Este puede adquirir mayor relevancia relativa en condiciones semiáridas, más que en ambientes sub húmedos o en cultivos de regadío (Compton 1990).

“La oferta de semillas certificadas es cada vez mayor en Latinoamérica en contraste a una demanda decreciente por parte de los productores latinoamericanos, debido a su accesibilidad por precios, desconocimiento, accesibilidad física, etc. En Honduras se necesita satisfacer una demanda considerable de semillas para poder producir cerca de 86,400 toneladas métricas de sorgo que se producen anualmente para satisfacer las necesidades alimenticias de la población hondureña. Sin embargo existe déficit de producción de estos granos básicos a pesar de la suficiente oferta de semillas certificadas disponibles en entidades gubernamentales y privadas” (Erazo 2004).

La seguridad alimentaria sigue siendo el principal objetivo para mejorar la economía mundial del sorgo. Para la mayoría de los agricultores tienen como prioridad cubrir las necesidades de consumo familiar, si estas son cubiertas se podrá comercializar un porcentaje más elevado de la producción. Por lo cual el almacenamiento de este es de suma importancia (Compton 1990).

Durante el período de almacenamiento no se puede mejorar la calidad de la semilla, por lo cual está debe fijarse desde el momento de la selección, secado y acondicionamiento, generalmente se almacena a 12% de humedad. La humedad en la semilla almacenada tiende hacia una condición de equilibrio con la humedad del aire circundante, por lo cual el secado solo continuará mientras el aire a su alrededor tenga menos humedad que la semilla misma (Lindblad y Druben 1976). La semilla deberá estar a una temperatura de 25 a 30 grados centígrados, tendrá que ser cosechada libre de insectos y secada lentamente a una temperatura adecuada, no más de 32-35 grados centígrados ya que a una temperatura más alta se puede dañar el embrión (Compton 1990).

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la demanda de la planta de procesamiento de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana ha tenido un aumento significativo en su producción, por lo cual ha sobrepasado la cantidad máxima de almacenamiento. Mediante este estudio se evaluará la eficacia de otra alternativa de almacenamiento para semilla de sorgo.

1.2 ANTECEDENTES

Hasta ahora en la planta de procesamiento de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana no se han realizado estudios sobre el almacenamiento hermético y su incidencia en la calidad de la semilla de sorgo. Solo se cuenta con el estudio de Erazo. 2004 que consistía en deterioro de la calidad de semillas de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus vulgaris*), y sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad Sureño, durante su almacenamiento en Zamorano.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

El estudio pretende mejorar el manejo de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad Sureño, y su almacenamiento, así se determinarán las mejores condiciones en las cuales se preserve mejor la semilla, también la determinación del tiempo de almacenamiento como aporte a solucionar la falta o las limitaciones de infraestructura que tradicionalmente se utilizan en la planta de procesamiento de semillas de Zamorano.

1.4 LIMITANTES DEL ESTUDIO

Debido a la falta de higrotermógrafo las tomas de datos no se pudieron realizar a diario por lo cual el riesgo de cometer errores experimentales aumenta. Los espacios de la cámara de germinación para realizar el estudio fueron insuficientes en el momento de la siembra.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Objetivo General

Evaluar tres sistemas de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad Sureño.

1.5.2 Objetivo Específico

- Determinar en cual sistema de almacenamiento se obtuvo la mayor reducción en daños de germinación, vigor, daños por hongos, daños por insectos y contenido de humedad.
- Determinar si el tiempo de almacenamiento influye en el aumento o disminución de la humedad en la semilla.
- Determinar cuál es el mejor sistema de almacenamiento de semilla.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 IMPORTANCIA DE LA SEMILLA

Las semillas en todo proceso productivo son de suma importancia, por lo cual debe haber disponibilidad y acceso a semilla de buena calidad en el momento que se requiera. Esta es una prioridad que se debe tener en cuenta para cumplir con la obtención de la producción deseada. La seguridad de semillas es altamente valorada por los productores siendo considerada como una de las principales limitaciones, junto con la sequía, para la producción agraria (FAO 2003).

El abastecimiento y la distribución de semillas pueden ser de gran relevancia, más en países con problemas económicos. Funcionando esta como una herramienta para solucionar rápidamente los procesos de hambrunas o crisis alimentarias en una región. La distribución de la semilla a los lugares más vulnerables permite que estos se estabilicen rápidamente y puedan volver a sus actividades rutinarias y producción de sus propios alimentos (FAO 2003).

Las semillas son de gran importancia ya que en estas radica el principio de las buenas producciones año con año y con esto la seguridad alimentaria de la población.

2.2 IMPORTANCIA DEL SORGO

El sorgo es una fuente alimenticia importante para el hombre y los animales en muchos países de clima cálido. África, Cercano Oriente y Medio Oriente se le cultiva desde hace siglos (Wall y Ross 1975).

También se lo cultiva en los seis continentes, en regiones donde la temperatura media excede en verano los 20 grados centígrados y la estación sin heladas es de 125 días o más (Wall y Ross 1975).

“El sorgo reúne mejores condiciones fisiológicas que el maíz para la absorción del agua en el suelo, utilizándola muy eficientemente hasta los 75cm de profundidad. Su transpiración es más baja (311 kg de agua/kg de materia seca) y el período de mayor sensibilidad al déficit hídrico es menos estricto que el maíz. También presenta una mejor capacidad de recuperación o compensación” (Bellido 1990).

Más de la mitad de la producción mundial de sorgo es consumido por la población. En general en los países de mayor desarrollo económico, el grano se utiliza para alimentación animal, mientras en los subdesarrollados para consumo humano. El porcentaje de bovinos alimentado con grano de sorgo no se puede estimar con exactitud, sin embargo, en los Estados de Nuevo México, Texas, Arizona y California es el único grano usado por muchos establecimientos de engorde a corral (Wall y Ross 1975).

2.3 PRUEBAS PARA EL ENSAYO

2.3.1 Análisis de semilla

El manejo de la semilla es de suma importancia en la preservación de la misma, este constituye un elemento clave. Toda empresa que está en este rubro del almacenamiento de semillas está vinculada con la utilización de métodos y análisis para evaluar la calidad del producto almacenado, mediante estos se basa la toma de algunas decisiones o soluciones a problemas que puedan presentarse en el proceso. Para que la calidad de estas sea validada tiene que ser sometidas a varios análisis que permitan conocer cuál es el estado de las mismas. Algunas de las pruebas más importantes en semillas están: germinación, vigor, humedad, pureza varietal y daños por insectos, para poder efectuar dichas pruebas se han establecido reglas internacionales para realizar ensayos de semillas y que estos resultados sean válidos en cualquier parte del mundo ISTA (International Seed Testing Association).1976.

2.3.2 Prueba de germinación

Una buena germinación depende de la viabilidad de la semilla, la cual es influenciada por el genotipo, edad, el daño por enfermedad o insectos, el daño físico, el manejo post-cosecha, trilla y las condiciones de cosecha y almacenamiento. La germinación incluye toda la secuencia de etapas desde el momento en que la semilla empieza a absorber agua, hasta que la plántula se sostiene por sí misma, la germinación no puede ocurrir hasta que la semilla complete un nivel mínimo de morfogénesis (Compton 1990).

Según las reglas internacionales establecidas para ensayos en semillas, todas aquellas plántulas que manifiestan capacidad para su desarrollo son consideradas como normales, caso contrario se clasifican como anormales, las plántulas muertas son aquella que no lograron la germinación. Las semillas frescas son aquellas que aparentemente están viables pero se mantienen cerradas. Este tipo de pruebas pueden realizarse en diferentes tipos de sustratos ya sean estos: papel, tierra y arena ISTA (International Seed Testing Association).1976.

2.3.3 Prueba de humedad en la semilla

La humedad es el factor más importante que afecta el deterioro de la semilla en almacén por su influencia en la proliferación y desarrollo de hongos y mohos (Lindblad 1986).

Fluctuaciones de la humedad de las semillas reducen su longevidad (Hartmann y Kester 1988), ya que estos cambios aceleran la respiración. Esto provoca un decrecimiento en las

reservas de energía destinadas a alimentar el embrión durante la etapa de germinación, por lo que la calidad de esta decrece.

Según Lacayo (2007) el porcentaje de humedad de las muestras se efectúa a través del método indirecto dieléctrico, utilizando el medidor de humedad Motomco. Este aparato es complementado con las cartas de calibración. Cada carta es específica en cuanto a material y el tamaño de muestra y los datos de la carta se arreglan para el uso rápido y fácil.

Las reglas establecidas para ensayos de semillas por ISTA (International Seed Testing Association) nos dice que también existen otros métodos como ser: estufa a baja, alta y temperatura constante, horno de convención midiendo diferencias en peso y destilación por tolueno ISTA (International Seed Testing Association).1976.

2.3.4 Prueba de vigor

El vigor de las semillas es un factor determinante en la longevidad de las semillas durante el almacenamiento. A mayor vigor, mayor potencialidad de permanecer almacenadas. Vigor es una cualidad de la semilla que permite el desarrollo de la misma en ambientes y condiciones de estrés, en los cuales prevalecen las temperaturas y humedades relativas altas. Existen métodos apropiados para poder determinar el vigor de la semilla, entre estas pruebas tenemos: envejecimiento acelerado y tetrazolio ISTA (International Seed Testing Association).1976.

Según Triana (2008) La prueba de vigor de envejecimiento acelerado fue desarrollada para soya por J.C.Delouche en 1965 en el laboratorio de tecnología de semillas de la universidad de Mississippi.

2.4 ALMACENAMIENTO

Tanto las semillas como los granos son seres vivos por lo cual respiran, estos utilizan el oxígeno del aire y producen bióxido de carbono, agua y energía la cual se traduce en calor, lo hacen a un nivel tan mínimo que da la impresión que están sin vida. Esto permite el almacenamiento en grandes volúmenes por largos períodos, sin que estos se deterioren, hay que tomar en cuenta que las condiciones ambientales sean favorables. Esto tiene un gran énfasis sobre todo en la semilla, por la función que desempeña de perpetuar la especie por lo que debe mantener la viabilidad (Cerovich y Miranda 2004).

El almacenamiento inadecuado de las semillas hará que algunas o muchas no germinen. Por lo tanto si estas no son almacenadas de la manera correcta, se tendrá que sembrar mucha más semilla par la obtención de buenos resultados de producción. Un buen almacenamiento de semillas intenta mantener las condiciones de humedad relativa y temperatura constantes, ya que si no es así causan cambios en la humedad de la semilla y el aire caliente que está dentro de la semilla se enfría, por lo que libera agua y se forma un punto de rocío en las paredes del envase. La probabilidad a la proliferación de hongos y mohos es mucho mayor (Compton 1990).

Según Cerovich y Miranda (2004) se puede obtener un almacenamiento adecuado de dos formas:

1. ubicarnos en una zona geográfica donde la características climáticas sean las indicadas, y solo sea necesario secar la semilla y posteriormente empacarla para evitar la absorción de humedad o cualquier tipo de contaminación.
2. controlando las condiciones ambientales por medio de almacenes con atmósferas controladas.

De acuerdo a los factores controlados dentro del almacenamiento, se pueden distinguir distintos tipos (Hartmann y Kester 1988):

Almacenamiento abierto (sin control de humedad ni temperatura): es posible de aplicar en climas secos o en semillas de cubierta dura, siempre que las semillas hayan sido secadas, aunque este tipo de almacenamiento puede no ser el más adecuado.

Almacenamiento cálido con control de humedad: supera a la técnica anterior ya que semillas que han sido secadas pueden almacenarse en bolsas selladas que aseguren minimizar las fluctuaciones de humedad.

Almacenamiento en frío: este tipo es mucho más recomendable que el anterior ya sea controlando o no la humedad. Aunque el procedimiento más satisfactorio es bajar el contenido de humedad de las semillas y almacenarlas en recipientes sellados y a temperaturas bajas, de esta forma se puede mantener la longevidad al máximo.

Almacenamiento frío-húmedo: consiste en colocar las semillas en recipientes que mantengan la humedad o mezclarlas con algún material que retenga la humedad (por ejemplo: arena húmeda). Semillas recalcitrantes podrán ser almacenadas de esta manera, pero sólo por poco tiempo y con presencia de oxígeno, ya que las semillas continúan respirando.

Los tipos de almacenamiento presentes en la institución y sobre los cuales se evaluarán las variables de germinación, vigor, daños por insectos y contenido de humedad son: Almacenamiento abierto, almacenamiento en frío con control de temperatura y por último almacenamiento hermético en Cocoons™ de 5 toneladas, todos serán evaluados con una semilla con un 12 % de humedad inicial durante un período de 4 meses.

Los Cocoons™ de GrainPro son estructuras herméticas rectangulares sin soporte, fabricados con PVC ligero y resistentes a rayos UV. Consta de dos piezas, una cubierta superior y una planta baja, unidas con una cremallera y un pliegue de PVC, asemejándose a los utilizados para cerrar trajes de seguridad. Los insectos atrapados en los granos almacenados mueren en cuestión de días, como resultado al incremento de dióxido de carbono y a la reducción de oxígeno. Los Cocoons se encuentran doblados y empacados en una bolsa con agarradores de mano para su transporte y están listos para armarse y usarse en minutos (GrainPro 2010).

El mecanismo de acción de los Cocoons comienza con el proceso natural de la respiración de insectos en las materias secas, también favorece el contenido de humedad del material, entre más alto sea este, la respiración de la semilla o grano es mayor por lo que aumentan los niveles de CO_2 y se reduce el oxígeno, típicamente en una semana a diez días en temperatura ambiente el O_2 en la atmósfera interna puede llegar hasta un 4% sobre todo debido a la respiración del insecto, el O_2 se reduce a un nivel que no pueda sostener vida del insecto, mientras que se eleva el nivel del CO_2 muy substancialmente. Lo cual causa un proceso de asfixia en el insecto. El ambiente bajo O_2 previene el crecimiento de hongos y de aflatoxinas y crea un ambiente muy favorable para preservar capacidad de la germinación de la semilla sin la refrigeración. La humedad en el exterior no puede penetrar para levantar el nivel de la humedad (GrainPro 2010).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL ENSAYO

El estudio se realizó en el Laboratorio CITESGRAN (laboratorio de tecnología de semillas y granos), de la Escuela Agrícola Panamericana, El 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 msnm, 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.

3.2 MATERIALES

- Semillas de Sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.
- Medio de Papel Kimpack.
- Bolsas Plásticas.
- 1 rollo de Cinta Adhesiva.

3.3 EQUIPO

- Germinador modelo TPM-110, Marca: Hoffman Manufacturing CO.
- Horno modelo: OV 18ª marca: Blue Electric.
- Homogeneizador GAMET.
- Medidor de humedad MOTOMCO 919.
- Bandejas de Aluminio.
- Canastillas Metálicas.
- Recipientes Plásticos.
- Muestradores.
- Tamices 5/64.
- Bandejas plásticas.

3.4 METODOLOGÍA

Se realizaron pruebas de germinación, pruebas de vigor, humedad de la semilla, daños por hongos, daños por insectos a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 días. Todas las pruebas realizadas fueron específicamente bajo las reglas del ISTA (International Seed Testing Association).

En el Cuadro 1 se detalla los diferentes tratamientos realizados y las variables tomadas en el estudio las cuales fueron tomadas en un período de 4 meses.

Cuadro 1. Descripción de los diferentes Tratamientos.

Tratamientos	Humedad	Germinación	Daño por insectos	Vigor	Humedad relativa	Temperatura
Cocoons™	X	X	X	X	X	X
Cuarto frío	X	X	X	X	X	X
Bodega	X	X	X	X	X	X

3.4.1 Muestreo

Las muestras de semillas que se utilizaron en el estudio fueron tomadas de los distintos tratamientos y sus repeticiones, para el cual se tomó en cuenta todas las especificaciones de la Asociación Internacional de Ensayo de Semillas (ISTA, 2010). El muestreo fue realizado en la Planta de Procesamiento de Semillas de Zamorano. Las muestras de semillas que se utilizaron fueron tomadas de un lote de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño, que fue destinado para dicho estudio, las muestras fueron de 2Kg, posteriormente fueron tamizadas, y luego homogeneizadas utilizando un separador eléctrico en el laboratorio, hasta obtener submuestras de 1 Kg, las cuales fueron utilizadas para realizar los análisis de laboratorio.

3.4.2 Determinación del porcentaje de humedad

Las muestras del sorgo una vez extraídas, fueron homogeneizadas para lograr una mayor representatividad y confianza, ya que cada muestra no está conformada de la misma manera y no son idénticas entre sí. Posteriormente a la homogeneización, se hizo el pesaje de las muestras según las reglas internacionales para ensayos de semillas, para el sorgo es de 250 gramos, los cuales fueron usados para la medición de humedad. La medición fue realizada con el equipo Motomco 919, el cual funciona con el método indirecto. Cabe mencionar que el funcionamiento del Motomco es por el método de conductividad eléctrica, al ser este un método indirecto nos permite utilizar la muestra en otro análisis, este no causa ningún cambio físico ni químico en la muestra usada.

3.4.3 Germinación

El análisis y pruebas se llevaron a cabo en el Laboratorio de Granos y Semillas de La Escuela Agrícola Panamericana Zamorano. Para estas pruebas se utilizó como medio de germinación papel de siembra KINPACK. Se utilizaron 100 semillas tomadas al azar para cada repetición en un total de 4 repeticiones por cada muestra, para evitar que estas tuvieran problemas con la germinación se utilizaron separadores para sorgo, como soporte

se empleo bandejas de aluminio, se necesitó cinta adhesiva y marcador para marcar las bandejas con sus respectivos tratamientos. El ambiente en el germinador se encontraba a 27 grados centígrados y 95% de humedad relativa. Se coloraron en el germinador durante 9 días realizando dos conteos el primero a los 7 días y el último a los 9 días. Se contabilizó entre semillas germinadas, no germinadas y anormales a los 7 y 9 días de haber sido colocadas con sus respectivas identificaciones. Para los datos finales se utilizó el promedio de las 4 repeticiones de cada muestra.

3.4.4 Vigor

Para el análisis de vigor utilizamos la prueba de envejecimiento acelerado, en el cual se calcularon dos repeticiones de 200 semillas tomadas al azar de cada muestra. En un total de 1200 semillas que posteriormente fueron colocadas en canastas pequeñas hechas de malla metálica, introducidas en un recipiente plástico con agua, el mismo cuenta con una plataforma de malla en la cual fueron depositadas las semillas, esta es para evitar que las semillas tengan contacto con el agua. Se cerró con una bolsa plástica mas cinta adhesiva, esto para aumentar el porcentaje de humedad relativa a un 90% dentro del recipiente.

La prueba se realizó en un horno a una temperatura de 42 grados centígrados por un período de 72 horas. Después del período estipulado fueron sembradas en el sustrato de KINPACK y se le realizó un análisis de germinación como el ya antes mencionado.

3.4.5 Daño por insectos

Para las pruebas de daños por insectos se empleo el uso de lupas y lámparas para poder examinar con mayor precisión una de las semillas de la muestra. También se trabajó con una balanza de precisión para determinar el peso de la semilla dañada. Se utilizaron 50 gramos de sorgo como referencia según ISTA., y se utilizaron cribas o tamices de 5/64 para identificar la presencia de insectos en el grano.

3.4.6 Temperatura y humedad relativa

Para medir el efecto de estos se determinó la utilización de un higrómetro en el interior de cada uno de los tratamientos, en los cuales se tomaron datos cada 15 días. Se obtuvo la temperatura y humedad relativa de todas las semanas durante los 4 meses que duró el estudio, datos que permitieron observar el comportamiento de la semilla.

3.4.7 Análisis Estadístico

Para el Análisis Estadístico del estudio se utilizó el programa estadístico SAS[®] versión 9.1., Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). Debido a la variación dada por las condiciones climáticas los datos fueron analizados con un ANDEVA con separación de medias Duncan y un nivel de significancia de (Pr= 0.05).

Las pruebas de vigor y germinación fueron analizadas con los porcentajes de las lecturas obtenidas de cada germinación al día 9 después de la siembra.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS EN SEMILLA DE SORGO

4.1.1 Germinación de sorgo en Laboratorio

Los resultados mostrados se han analizado a través de un ANDEVA, con el cual se determinó que el tiempo afecta a los tratamientos, por lo que se realizó un análisis por cada día, los resultados se observan en el Cuadro 2.

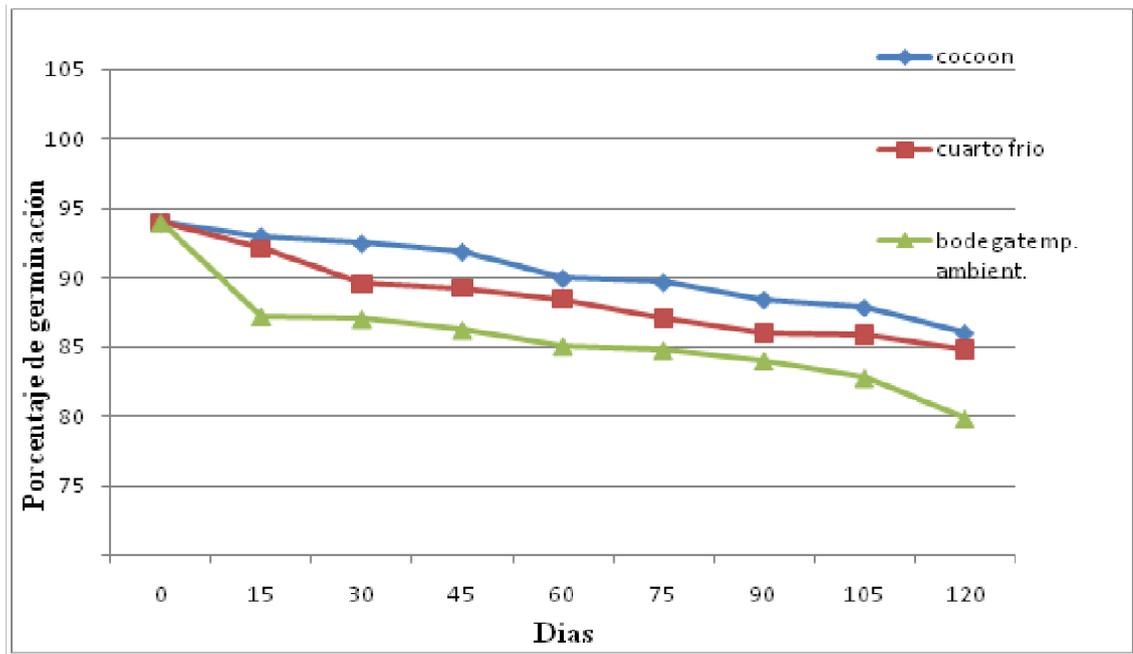


Figura 1. Descripción del comportamiento del % de germinación en semillas de sorgo en 120 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos.

La Figura 1. Indica el porcentaje de germinación en los diferentes tratamientos con medidas repetidas en el tiempo a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 días. Indicando que los mejores tratamientos fueron el CocoonTM y cuarto frío los cuales no tuvieron diferencias significativas y el tratamiento bodega a temperatura ambiente obtuvo un promedio inferior en la germinación y se comportó de esa manera en el transcurso del ensayo.

Se observó que la germinación va disminuyendo a medida que transcurre el tiempo. Los tratamientos Cocoons™ y cuarto frío no tuvieron diferencias estadísticas, sus medidas promedio de germinación fueron superiores al tratamiento bodega a temperatura ambiente. Se encontró que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre las medidas repetidas en el tiempo. La separación de medias Duncan, indicó que existe diferencia entre los días en cada tratamiento por lo cual el tiempo afecta los tratamientos (Cuadro 2).

Cuadro 2. Evaluación del efecto de 3 tratamientos de almacenamiento en el porcentaje de germinación en semillas de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 60 ± D.E*	Día 120 ± D.E*
Cocoons™	94.00 ± 0.81 a ^(x)	90.10 ± 0.33 a ^(y)	86.39 ± 0.65 a ^(z)
Cuarto frío	94.00 ± 0.81 a ^(x)	88.50 ± 0.54 b ^(y)	84.63 ± 0.44 a ^(z)
Bodega	94.00 ± 0.81 a ^(x)	85.56 ± 1.03 c ^(y)	81.45 ± 0.97 b ^(z)

¹Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) y letras diferentes entre paréntesis en cada fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

4.1.2 Vigor en el sorgo

En los análisis de envejecimiento acelerado los resultados presentaron que el mejor tratamiento fue el Cocoons™ con un porcentaje promedio de germinación 84.67 % mientras el tratamiento cuarto frío obtuvo un promedio de 83.22% el tratamiento bodega estuvo por debajo de estos (Cuadro 3).

Se observó que en la germinación de envejecimiento acelerado existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos Cocoons™, cuarto frío y bodega. La separación de medias Duncan, indicó que existe diferencia entre los días en cada tratamiento por lo cual el tiempo afecta los tratamientos (Cuadro 3).

Cuadro 3. Evaluación del efecto de 3 tratamientos de almacenamiento, en el porcentaje de envejecimiento acelerado en la semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 60 ± D.E*	Día 120 ± D.E*
Cocoons™	88.00 ± 0.71 a ^(x)	83.80 ± 0.92 a ^(y)	80.97 ± 1.39 a ^(z)
Cuarto frío	88.00 ± 0.71 a ^(x)	82.86 ± 1.04 b ^(y)	79.54 ± 1.21 b ^(z)
Bodega	88.00 ± 0.71 a ^(x)	81.87 ± 1.43 c ^(y)	76.55 ± 1.33 c ^(z)

¹Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) y letras diferentes entre paréntesis en cada fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

4.1.3 Humedad

El aumento progresivo de la humedad en la semilla de sorgo, fue medido a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 días. Después de que este fuese almacenado en cada tratamiento (Figuras 2).

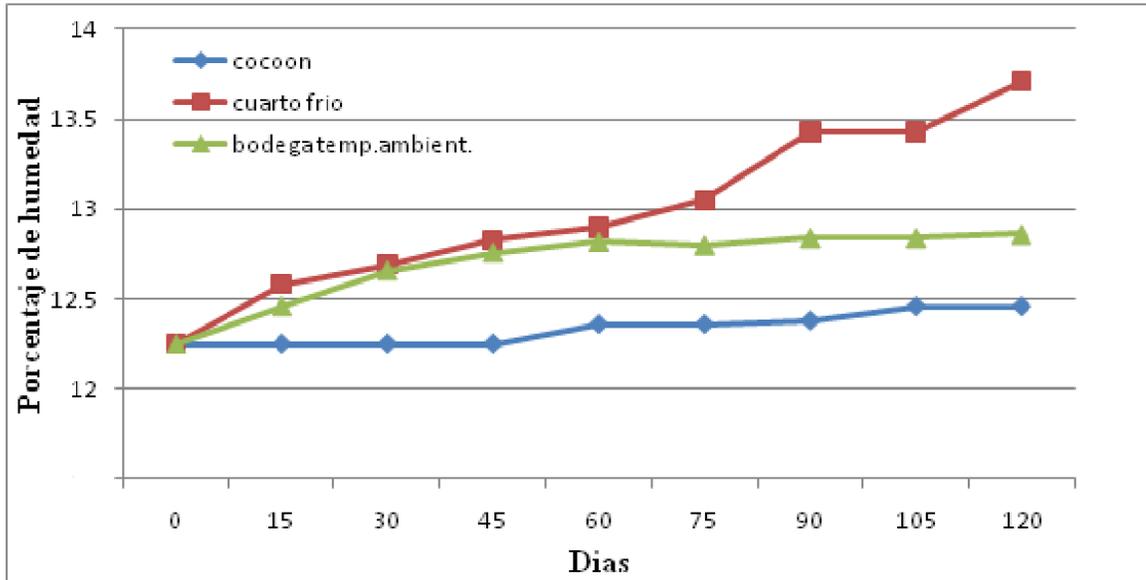


Figura 2. Descripción del comportamiento del % de humedad en semillas de sorgo en 120 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos.

La Figura 2. Indica el porcentaje de humedad en los diferentes tratamientos con medidas repetidas en el tiempo a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 días. Indicando que el mejor tratamiento fue el Cocoons™. Ya que fue el que presentó menor porcentaje de humedad en la semilla almacenada. Los tratamientos cuarto frío y bodega a temperatura ambiente obtuvieron promedios mayores en la humedad en la semilla.

Se observó que la humedad va aumentando a medida que transcurre el tiempo. Los tratamientos bodega a temperatura ambiente y cuarto frío obtuvieron porcentajes mayores de humedad mientras que el tratamiento Cocoons™ tuvo menor porcentaje de humedad en su semilla. Se encontró que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos Cocoons™, cuarto frío y bodega. La separación de medias Duncan, indicó que existe diferencia entre los días en cada tratamiento por lo cual el tiempo afecta los tratamientos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Evaluación del efecto de 3 tratamientos de almacenamiento, en el porcentaje de humedad en la de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 60 ± D.E*	Día 120 ± D.E*
Cocoons™	12.25 ± 0 a ^(z)	12.36 ± 0.04 c ^(y)	12.46 ± 0.02 c ^(x)
Cuarto frío	12.25 ± 0 a ^(z)	12.90 ± 0.08 a ^(y)	13.76 ± 0.03 a ^(x)
Bodega	12.25 ± 0 a ^(z)	12.82 ± 0.05 b ^(y)	12.86 ± 0.02 b ^(x)

¹Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) y letras diferentes entre paréntesis en cada fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

4.1.4 Humedad relativa

La humedad relativa en los diversos tratamientos fue medida a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 días (Figuras 3).

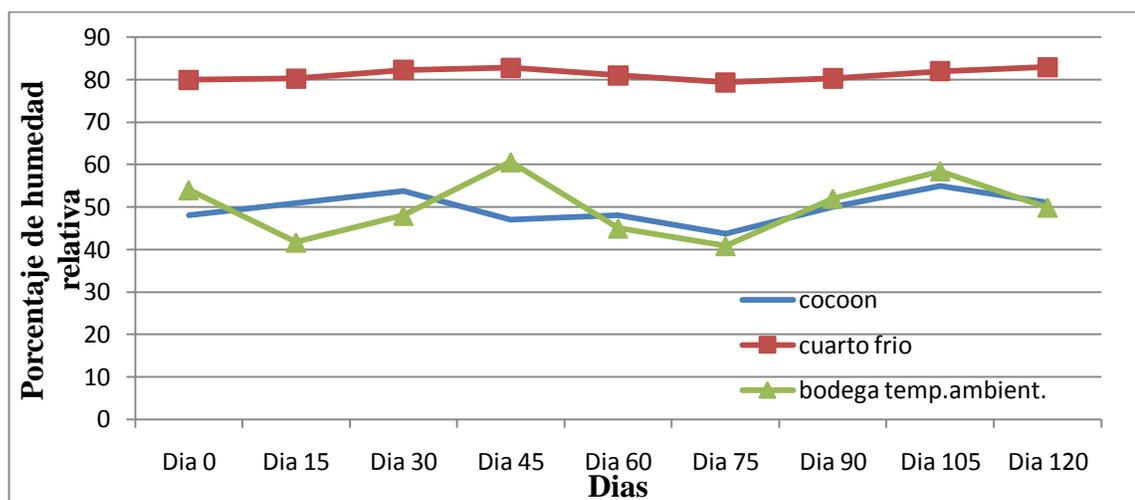


Figura 3. Descripción del comportamiento del % de humedad relativa en los lugares de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño, en 120 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos.

La Figura 3. Indica el porcentaje de humedad relativa en los diferentes tratamientos con medidas repetidas en el tiempo a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 días. Indicando que existen diferencias entre el Cocoons™ y la bodega. Ya que la bodega tiene cambios más bruscos de humedad relativa que son los que causan problemas en la semilla. El tratamiento cuarto frío obtuvo promedios mayores en la humedad relativa, lo cual no es bueno porque la semilla es higroscópica y busca un equilibrio con el ambiente, al estar este saturado de humedad la semilla absorbe.

Durante el transcurso del ensayo se observó que la humedad relativa en los distintos tratamientos fue variable a medida que transcurría el tiempo. Los tratamientos bodega a temperatura ambiente y Cocoons™ obtuvieron porcentajes menores de humedad relativa

mientras que el tratamiento cuarto frío obtuvo mayor porcentaje de humedad relativa. Se encontró que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos Cocoons™, cuarto frío y bodega. La separación de medias Duncan, indicó que existe diferencia entre el tratamiento cuarto frío y los tratamientos bodega a temperatura ambiente y Cocoons, la semilla se ve afectada por el tiempo de almacenamiento en el cuarto frío ya que este obtuvo el mayor nivel de humedad relativa (Cuadro 5).

Cuadro 5. Evaluación de los porcentajes de humedad relativa en los lugares de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 60 ± D.E*	Día 120 ± D.E*
Cocoons™	48.07 ± 0.18 b ^(y)	48.12 ± 0.37 b ^(y)	49.92 ± 0.25 c ^(x)
Cuarto frío	80.00 ± 0.03 a ^(z)	81.00 ± 0.06 a ^(y)	83.01 ± 0.06 a ^(x)
Bodega	54.00 ± 0.27 c ^(x)	47.00 ± 0.76 c ^(z)	51.45 ± 0.47 b ^(y)

¹Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) y letras diferentes entre paréntesis en cada fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

4.1.5 Temperatura

La temperatura en los diversos tratamientos fue medida a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 días (Figuras 4).

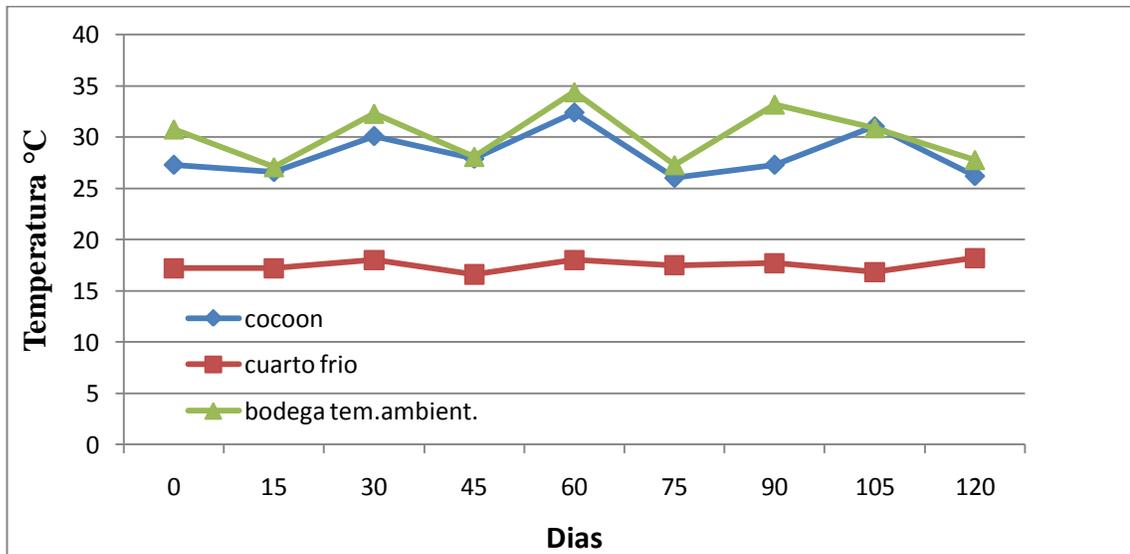


Figura 4. Descripción del comportamiento de la temperatura en el lugar de almacenamiento de la semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño, en 120 días de almacenamiento en los diferentes tratamientos.

La Figura 4. Presenta el comportamiento de la temperatura en el lugar de almacenamiento. El tratamiento cuarto frío presenta las mejores condiciones para almacenamiento referente a la temperatura. El tratamiento Cocoon aunque tenga esa temperatura si está cerrado correctamente y mantiene su condición hermética, no tiene porque ser un ambiente propicio para crecimiento de insectos, ya que los niveles de oxígeno disminuyen notoriamente al grado en que el insecto no puede sobrevivir ni reproducirse. Durante el transcurso del ensayo las temperaturas tuvieron ciertas variaciones. Presentando el tratamiento cuarto frío, la mejor condición de almacenamiento referente a la temperatura, con un promedio 17.47 % mientras que el tratamiento Cocoons™ obtuvo 28.97 % y el tratamiento bodega obtuvo 30.20 %. Se encontró que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos Cocoons™, cuarto frío y bodega. La separación de medias Duncan, indicó que existe diferencia entre los días en cada tratamiento por lo cual el tiempo afecta los tratamientos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Evaluación de la temperatura en los lugares de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño.¹

TRT	Día 0 ± D.E*	Día 60 ± D.E*	Día 120 ± D.E*
Cocoons™	27.73 ± 0.22 b ^(y)	32.30 ± 0.17 b ^(x)	26.63 ± 0.28 b ^(z)
Cuarto frío	17.20 ± 0.05 c ^(y)	18.02 ± 0.09 c ^(x)	18.20 ± 0.07 c ^(x)
Bodega	30.78 ± 0.13 a ^(y)	34.40 ± 0.30 a ^(x)	27.80 ± 0.37 a ^(z)

¹Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) y letras diferentes entre paréntesis en cada fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

4.1.6 Insectos

Se le realizó un tamizado a las muestras de sorgo en todos los tratamientos en busca de existencia de insectos, fue medida a los 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 días.

Observamos que no hubo incidencia de ataque por insectos, por lo cual se encontró que no existe diferencia estadística significativa ($P \geq 0.05$) entre los tratamientos Cocoons™, cuarto frío y bodega. La separación de medias Duncan, indicó que existe diferencia entre los días 60 y 105 en el tratamiento de bodega a temperatura ambiente, ya que este fue el único tratamiento en el cual se presentó incidencia de insectos, en dichos días se presentaron las mayores temperaturas, las cuales fueron apropiadas para la incubación de estos (Cuadro 7).

Las larvas encontradas en los días 60 y 105 fueron encontradas en una muestra representativa de 2 Kg. Se encontró palomilla del arroz (*coreyra cephalonica.*) la cual fue identificada por una prueba visual de comparación en el CITESGRAN.

Cuadro 7. Evaluación de la presencia de insectos en los diferentes tratamientos a lo largo del estudio.¹

TRT	Dia 0 ± D.E*	Dia 60 ± D.E*	Dia 105 ± D.E*	Dia 120 ± D.E*
Cocoons TM	0 ± 0 a ^(x)	0 ± 0 b ^(x)	0 ± 0 a ^(x)	0 ± 0 a ^(x)
Cuarto frio	0 ± 0 a ^(x)	0 ± 0 b ^(x)	0 ± 0 a ^(x)	0 ± 0 a ^(x)
Bodega	0 ± 0 a ^(z)	2.66 ± 0.33 a ^(x)	1.66 ± 0.88 a ^(y)	0 ± 0 a ^(z)

¹Medias con letras diferentes en cada columna son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$) y letras diferentes entre paréntesis en cada fila son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

5. CONCLUSIONES

- La viabilidad y calidad de la semilla evaluada se deteriora con el transcurso del tiempo, por lo cual la prolongación en el almacenamiento influye en el contenido de humedad y la calidad de la semilla.
- Se determinó que los factores que afectan mayormente la germinación son los cambios bruscos temperatura y humedad relativa, ya que aceleran el metabolismo de la semilla.
- La bodega de almacenamiento de semillas a temperatura ambiente no cumple con las condiciones de temperatura y humedad relativa, esta tiene un ambiente propicio para el desarrollo de insectos y hongos.
- Se determinó que no existió daño considerable por ataque de insectos, hongos y mohos en los tratamiento Cocoons™, cuarto frío y bodega a temperatura ambiente en el transcurso del ensayo, sin embargo existió la presencia de insectos en el tratamiento bodega a temperatura ambiente.
- Los resultados indicaron que Cocoons™ tuvo un efecto estadísticamente significativo ($P < 0.05$) en las semillas de sorgo (*Sorghum bicolor*) variedad: Sureño, a partir de día 15, mostrando los mejores resultados de Germinación, vigor y contenido de humedad en la semilla.

6. RECOMENDACIONES

- Establecer un sistema de registro de condiciones ambientales adecuadas para el almacenamiento de semilla, el cual nos permita minimizar la pérdida por deterioro de la semilla, tanto en germinación como en daño por insectos.
- Establecer uno o varios deshumificadores en el cuarto frío, para bajar el contenido de humedad en el aire con el propósito de mantener un ambiente adecuado para el almacenamiento de semillas.
- Implementar un plan de monitoreo en las bodegas y cuartos fríos con el cual se realizaran pruebas de humedad, germinación y daño por insectos para llevar un mejor control de la calidad y deterioro de la semilla.
- El uso de sistemas herméticos tales como Cocoons entre otros, permite conservar las semillas y granos por períodos prolongados de tiempo, garantizando la calidad de germinación en semillas sin el deterioro causado por la humedad, insectos, hongos, etc. Sin uso de plaguicidas, equipo ni energía adicionales.

7. LITERATURA CITADA

- Bellido,L. 1990. Cultivos herbáceos, cereales vol.1.Bilbao, ediciones mundi-prensa.538p.
- Cerovich,M; Miranda,F.2004. Almacenamiento de semillas: estrategia básica para la seguridad alimentaria, Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía (en línea). Consultado junio de 2010. Disponible en: http://sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_tec/ceniaphoy/articulos/n4/texto/mcerovich.htm
- Compton, 1990. Agronomía del sorgo. Trad. Por Guadalupe López y Paul Compton. Hyderabad, India, Editorial centro de tecnología agrícola del salvador.142 p.
- Erazo, A. 2004. Deterioro de calidad física y viabilidad de semillas de maíz (*Zea mays*), frijol (*phaseolus vulgaris*), y sorgo (*Sorghum bicolor* durante su almacenamiento en Zamorano. El Zamorano. Honduras. 57 p.
- FAO 1996. La Economía del Sorgo y del Mijo en el Mundo: Hechos, Tendencias y Perspectivas (en línea). Consultado agosto 10 de 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/w1808s/w1808s02.htm#introducci%C3%B3n>
- FAO 2003. La seguridad alimentaria sostenible en Zway, Etiopia (en línea). Pag. 133,134. Consultado agosto de 2010. Disponible en: ftp://ftp.fao.org/TC/TCA/ESP/pdf/etiopia/bloqueIII_1.pdf.
- GrainPro 2010. Cocoons™ (en línea). Consultado Agosto 22 de 2010. Disponible en: <http://www.grainpro.com/sp/grainpro-cocoons.php>
- ISTA. 1976. International Seed Testing Association. Ministerio de agricultura. Madrid. Artes Gráficos Danubio. 171 p.
- Lacayo,J.2007. Evaluación de calidad de las semillas de maíz de líneas puras, cruza e híbridadas, procesadas en la planta de semillas en Zamorano, Honduras. 37p.
- Sandoval,A.2000. Centro de Semillas y Árboles Forestales. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Chile (en línea). Consultado agosto de 2010. <http://www.cesaf.uchile.cl/cesaf/n14/1.html>

Triana,F. 2008. Efecto del insecticida Cruiser® en las características de germinación y vigor de semillas de maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*) a nivel de laboratorio. Honduras. 26 p.

Wall,J.S;Rossm W.M. 1975. Producción y usos de sorgo. Trad. Por Andrés Bottaro. Argentina, Buenos Aires, Editorial Hemisferio Sur.391p.