

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE RECURSOS GENETICOS NICARAGUENSES**



TRABAJO DE DIPLOMA

**PERIODO DE CONSERVACIÓN DE LA SEMILLA DE SORGO
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench) BAJO DIFERENTES
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

AUTORES:

**Br. IRENE BERTILIA AGUILAR MORALES
Br. OTILIO DE JESÚS MONTOYA LOPEZ**

ASESOR:

Ing. M.Sc. MARVIN FORNOS REYES

**MANAGUA, NICARAGUA
MARZO, 2003**

DEDICATORIA

Existen esperanzas así como metas endebles arraigadas por el sueño, pero las verdaderas metas se logran y nutren en las realidades diarias. La culminación de mis estudios universitarios son el resultado de esa lucha, venciendo los obstáculos que se nos presentaron, tanto a mí como a mis compañeros de tesis y asesor, con el apoyo de otras personas a las que tengo el privilegio de dedicar este trabajo; antes que nada:

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme llegar hasta donde estoy, ya que sin su voluntad nada es posible.

A mi madre María Auxiliadora López Marín, quien con su amor y sacrificio me ha apoyado en todo momento, ejemplo a seguir, motor impulsor para mi superación como profesional y ser humano.

A mi padre Amado Montoya Aguinaga, que me ha apoyado cuando lo he necesitado, en quien he tenido los consejos de un amigo.

A mi compañera de vida y amiga, Zoraida Obando Murillo, que siempre ha estado a mi lado apoyándome incondicionalmente con amor y paciencia.

A mis hermanos que han estado a mi lado apoyando y respetando mis decisiones.

A todas esas personas que en algún momento de mis estudios depositaron su granito de arena para apoyarme, esa mano amiga que todos necesitamos.

Otilio de Jesús Montoya López.

DEDICATORIA

A Dios por haberme dado el don de la vida y poder esforzarme para la culminación de mis estudios, y por ser mi guía y poder alcanzar mi meta.

A mi madre Alba Morales Talavera por toda la ayuda que me ha brindado para poder realizar mis sueños y hacerlos realidad.

A mi abuelita querida que es como mi segunda madre con quien he compartido, alegrías y tristezas.

A mis hermanos: Aracelys , Maickoll y Lisett, por ser parte de mi vida y compartir esta dicha.

A mis tíos Carlos Iván, Consuelo, Adalí , Donaldo, Miguel, Prudencio y Ernestina.

A mis amigos: Dorwing Gutiérrez, Johanna Alvarado, Silvia González, Luis Hernández, José Daniel López, Ramiro Linarte, María Ivania ,Yader Aguilar, Glen Arnesto y Cristhian Blanco, por toda la amistad sincera que me han brindado.

Irene Bertilia Aguilar Morales

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestros más sincero agradecimiento a todas las personas que estuvieron involucradas de manera directa e indirecta en el desarrollo del presente trabajo.

A la Universidad Nacional Agraria, especialmente al Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses, por habernos apoyado y permitido disponer de sus instalaciones y trabajar en ellas.

Al profesor, asesor y amigo Ing. M.Sc. Marvin Fornos Reyes ,quien también dedicó su tiempo y conocimientos en el desarrollo del presente trabajo.

A todos los productores que participaron en el estudio, brindando su amabilidad y decisión de trabajo.

A todos los compañeros de trabajo que nos apoyaron para sacar adelante este trabajo de titulación: Arling Mercado Puerto, Carlos Méndez Medal, María Verónica Reyes, Xiomara Mendoza Gaitán, Pío Antonio Vallecillo Reyes, Wilfredo Nicaragua González y Erick Leiva Granados.

Irene Bertilia Aguilar Morales
Otilio de Jesús Montoya López

INDICE DE CONTENIDO

Sección	pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
RESUMEN	vi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y METODOS	4
2.1 Ubicación del ensayo	4
2.2 Diseño experimental y análisis estadístico.	4
2.2.1 Análisis de la calidad inicial de la semilla	4
2.2.2 Monitoreo de la calidad de la semilla durante el almacenamiento	5
2.3 Variables sometidas a estudio	7
2.3.1 Contenido de humedad de la semilla	7
2.3.2 Vigor	7
2.3.3 Germinación	8
2.3.4 Análisis de sanidad	8
2.4. Descripción de los envases	8
2.4.1 Silo metálico	9
2.4.2 Bolsa Plástica	9
2.4.3 Saco macen	9
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
3.1 Calidad inicial de la semilla	10
3.1.1 Contenido de humedad inicial de la semilla	10
3.1.2 Vigor y germinación iniciales de la semilla	11
3.1.3 Sanidad de la semilla	13
3.2 Monitoreo de la calidad	14
3.2.1 Significancia estadística para la variable vigor en la semilla de sorgo	14
3.2.2 Comportamiento del vigor de la semilla en dependencia del productor y el ambiente del almacén	15

3.2.3	Comportamiento del vigor de la semilla en dependencia del envase y el productor.	15
3.2.4	Comportamiento del vigor de la semilla en dependencia del envase y el ambiente del almacén	16
3.2.5	Significancia estadística para la variable germinación en la semilla de sorgo.	17
3.2.6	Comportamiento de la germinación en dependencia del productor y el ambiente del almacén	18
3.2.7	Comportamiento de la germinación en dependencia del envase y el productor	18
3.2.8	Comportamiento de la germinación en dependencia del envase y el ambiente del almacén.	19
4.	CONCLUSIONES	21
5.	RECOMENDACIONES	22
6.	BIBLIOGRAFÍA	23

INDICE DE TABLAS

Tabla N°	Pág
1 Ubicación de los ensayos de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	4
2 Descripción y ubicación de los tratamiento de almacenamiento de semilla de sorgo (<i>Sorghum bicolor</i> (L.) Moench)	6
3 Rango de contenido de humedad en muestras de semilla de sorgo obtenidas de productores artesanales	10
4 Cuadrados medios, significancia estadística, porcentajes de variación y rangos en el análisis de vigor de cuatro lotes de semilla de sorgo	11
5 Cuadrados medios, significancia estadística y porcentaje de variación en el análisis de germinación de cuatro lotes de semilla de sorgo	12
6 Germinación inicial de cuatros lotes de semilla de sorgo producidos en diferentes zonas de Nicaragua	12
7 Rangos y promedios del porcentaje de semilla de sorgo infectadas por hongos	13
8 Significancia estadística entre y dentro de sujetos para la variable vigor de la semilla de sorgo, en dependencia de los factores productor, ambiente, envases y sus interacciones, más el efecto del factor tiempo	14
9 Cambios en el porcentaje promedio del vigor de la semilla de sorgo producida por agricultores de distintas zonas y almacenadas en diferentes ambientes.	15
10 Cambios en el porcentaje promedio del vigor de la semilla de sorgo producida por agricultores de distintas zonas y almacenadas en diferentes envases	16
11 Cambios en el porcentaje de vigor de la semilla de sorgo envasada en diferentes empaques y almacenada en condiciones naturales y controladas	17
12 Significancia estadística entre y dentro de sujetos para la variable germinación de la semilla de sorgo, en dependencia del efecto de los factores productor, ambiente, envases y sus interacciones, más el efecto del factor tiempo	17
13 Cambios en el porcentaje promedio de germinación de la semilla de sorgo producida por agricultores de distintas zonas y almacenada en diferentes ambientes	18
14 Cambios en el porcentaje promedio de la germinación de la semilla de sorgo producida por agricultores de distintas zonas y almacenada en diferentes envases	19
15 Cambios en el porcentaje promedio de germinación de la semilla de sorgo almacenada en diferentes ambientes y empacada en distintos envases.	20

RESUMEN

El presente trabajo consistió en el almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) de cuatro agricultores de igual número de localidades del territorio nicaragüense. Los objetivos fueron determinar la calidad inicial, el mejor envase y el período de almacenamiento de la semilla. La calidad inicial se determinó midiendo las variables contenido de humedad, vigor, germinación y sanidad de los lotes de semilla de los cuatro agricultores. Para el análisis de los resultados de la calidad inicial se utilizó estadística descriptiva, exceptuando las variables vigor y germinación, cuyos datos provenientes de un experimento bifactorial arreglado en un diseño completamente al azar fueron sometidos a análisis de varianza. Además, se realizó el análisis de componentes de varianza con fin de determinar el efecto de cada uno de los factores bajo estudio sobre la repuesta de las variables antes mencionadas. Los datos fueron analizados en el programa Statistical Analysis System (SAS), versión 6.03, edición 1988. Para determinar el período de almacenamiento y el mejor envase, la semilla fue secada en las condiciones naturales de cada localidad y posteriormente envasada y almacenada en silo metálico, bolsa plástica y saco de polipropileno trenzado. Luego se realizó monitoreo de la calidad de la semilla a los 0, 90, 180 y 270 días a través de la evaluación del vigor y la germinación. Para ello, la semilla de cada productor se tomó como un lote y cada uno se subdividió en dos sub-lotes. Tanto en las condiciones naturales como en las controladas, cada sub-lote se dividió en tres partes para empacarse en cada uno en los envases. De esta manera se estudiaron tres factores: productor, ambiente y envase, arreglados en un diseño completamente al azar para evaluar el efecto del manejo de la semilla de cada productor, condiciones de almacenamiento y el tipo de envase sobre las variables vigor y germinación. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa JMP, versión 4.05 (SAS, 2000). Los datos de vigor y germinación del monitoreo de la calidad de la semilla fueron sometidos a análisis multivariado de varianza (MANOVA). De acuerdo al análisis de varianza, los efectos zona y productores dentro de zona resultaron altamente significativos para las variables vigor y germinación. El 75 % de los productores presentaron semilla en un rango óptimo de humedad, presentando el contenido adecuado para un almacenamiento seguro. Respecto al almacenamiento, el análisis reveló que las variables vigor y germinación, fueron influenciadas significativamente por los factores productor, ambiente del almacén, envase y sus interacciones más el efecto del factor tiempo. El silo metálico y la bolsa plástica fueron los envases que mejor preservaron la calidad de la semilla, considerando el porcentaje de germinación mínimo (80 %) establecido por las Normas Específicas de Certificación de Semillas.

1. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua el sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) es considerado un cereal básico, ocupando el segundo lugar después del maíz, correspondiéndole el 13% del área cultivada en relación a los granos básicos (MAG/ CNIGB, 1991). La demanda del sorgo granífero es cada vez mayor en Nicaragua, lo que ha motivado un incremento en sus áreas y con ello también la demanda de semilla de alta calidad. En muchos casos es fuente de alimento de la población con escasos recursos económicos y ubicados en suelos pobres, donde con frecuencia se utilizan semillas de la cosecha destinada al autoconsumo. Otra parte de la producción está en manos de medianos y grandes agricultores, los que normalmente se abastecen con semillas híbridas importadas que no es accesible para los agricultores pobres. Estos últimos son quienes utilizan el sorgo de grano blanco como alimento del núcleo familiar y quienes a la vez enfrentan los problemas de la falta de semilla.

La semilla del sorgo no sólo es un insumo mas de la producción, sino el más delicado e importante, de ella depende la productividad, eficiencia y rentabilidad de la agricultura moderna. Una semilla de alta calidad es el principal requisito para el buen rendimiento de un cultivo. Solamente la semilla de alta calidad producirá plantas fuertes, resistentes a enfermedades y condiciones adversas (FAO, 1985). Por otro lado, Giraldo (2000) afirma que la semilla es un ente vivo y como tal es de sumo interés que al momento de sembrarla se encuentre viva y con su más alto potencial biológico.

Una de las posibles soluciones al problema de desabastecimiento y altos costos de este insumo es su producción artesanal por parte de pequeños agricultores, quienes podrían producir semilla de calidad (Raymond, 1989). Sin embargo, existe una serie de problemas a resolver asociados al manejo y la producción. Entre los problemas más relevantes se encuentran los relacionados con el secado y el almacenamiento; el mal manejo después de la cosecha provoca el ataque de plagas insectiles, enfermedades y la disminución de la capacidad de germinación. Debido a esta situación surge la necesidad de mejorar las técnicas de almacenamiento utilizadas por los productores artesanales de semilla, lo que implica cosechar oportunamente, secarla y limpiarla bien y utilizar el envase más adecuado según la zona agroecológica.

Para ello se debe considerar que la humedad relativa y la temperatura tienen un rol importante durante el almacenamiento. Generalmente, ambos factores varían de una zona a otra, influyendo directamente en el período de almacenamiento de la semilla, cuyo contenido de humedad depende directamente de la humedad del ambiente e indirectamente de la

temperatura. Con la variación de ellos varía la humedad de la semilla, lo que se puede evitar utilizando envases herméticos, siempre que se asegure un bajo contenido de humedad del producto y una temperatura óptima para evitar el fenómeno de calentamiento y las posibles afectaciones por el ataque de insectos y hongos.

Asociada a la capacidad de almacenamiento de la semilla se encuentra la calidad inicial de esta, la que según Moreira y Nakagawa (1988) es uno de los factores que la afectan junto con las características del ambiente del almacén. La calidad inicial a la vez la afectan el vigor de las plantas progenitoras, las condiciones climáticas durante la maduración de las semillas, su grado de maduración a la cosecha, el grado de daño físico y el secado.

Por otro lado, es de mucha importancia reconocer los envases que mejor conservan la calidad de la semilla durante el almacenamiento, considerando las características de ésta y las de la zona. Diversos autores afirman que las mejores condiciones para el mantenimiento de la calidad de la semilla son aquellas en las que los factores bióticos se ven afectados negativamente; así como el embrión de la semilla se mantiene en el nivel más bajo de actividad metabólica, lo que se logra en condiciones de baja humedad relativa del aire y baja temperatura, manteniendo a la vez un fuerte control de plagas insectiles que atacan a la semilla almacenada (Gómez y Minelli, 1990).

Body y Orellana, citados por Hernández (1990), señalan que la regla general para lograr un adecuado almacenamiento de semilla es un ambiente seco y frío. Así mismo, concluyen que cuando la semilla presenta un alto contenido de humedad y se encuentra en un medio con temperaturas altas se inicia inmediatamente el deterioro, en estas condiciones la semilla pierde rápidamente vigor, proceso que comienza con la degradación de la membrana de la célula y progresivamente termina con la pérdida de germinación.

Debido a la situación expuesta se desarrolló el presente trabajo con los objetivos siguientes:

- Determinar la calidad inicial de la semilla por medio de la medición del contenido de humedad, el vigor, la germinación y la sanidad.
- Determinar el mejor envase que permita un almacenamiento adecuado de la semilla de sorgo en las condiciones de los agricultores.
- Determinar el período de almacenamiento durante el cual la semilla de sorgo conserva su calidad bajo las condiciones de los agricultores.

Se planteó como hipótesis que las condiciones ambientales y el tipo de envase en las que se almacenan las semillas y su interacción con el manejo que le da el agricultor en campo, la cosecha y la postcosecha, influyen en el período de conservación de la semilla de sorgo, hasta un momento en el cual no es aceptada como insumo para la siembra por su baja calidad fisiológica según las Normas Específicas de Certificación de Semillas.

2. MATERIALES Y METODOS

2.1 Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en cuatro localidades del territorio nicaragüense ubicados en los departamentos de Estelí, Madriz, Chinandega y León, donde existen diferencias en cuanto a precipitación, humedad relativa y temperatura, considerados los factores más importantes en el almacenamiento de semillas. Cada una de las muestras obtenidas se almacenaron en las condiciones naturales de los agricultores (Tabla 1) y en condiciones controladas de la Universidad Nacional Agraria, en el Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses, Km. 12.5, Carretera Norte. El estudio se realizó de Enero a Diciembre del año 2000.

Tabla 1. Ubicación de los ensayos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Agricultor	Ubicación de la finca	Genotipo de sorgo
Alexis Morán	Las Cámaras, Santa Cruz, Estelí	Millón
Néstor Andrés Cruz	Comarca la Esperanza, Somoto, Madriz	Tortillero precoz
Félix Pedro Merlo	Vado Ancho Arriba, Santo Tomás del Nance, Chinandega	Pinolero 1
Isidro González	Abangasca Central, León	Pinolero 1

2.2 Diseño experimental y análisis estadístico

El estudio se realizó en dos fases; la primera de ellas para determinar la calidad inicial de la semilla; y la segunda para evaluar el comportamiento de las variables vigor y germinación durante el almacenamiento de la semilla.

2.2.1 Análisis de la calidad inicial de la semilla

La calidad inicial de la semilla se refiere a la determinación de la calidad física y fisiológica de la semilla una vez que esta es cosechada y procesada. Se realizó a partir de la semilla de sorgo de 4 agricultores que participaron en el presente estudio, midiendo el contenido de humedad, el vigor, la germinación y el estado sanitario; es decir, la detección de insectos, hongos y bacteria.

El experimento se estableció en un diseño bifactorial donde el factor A fue zonas y el factor B productores dentro de zona, para analizar el efecto de estos factores sobre el vigor y la germinación en el cultivo de sorgo. Las pruebas de vigor fueron realizadas en condiciones controladas con cuatro réplicas; los datos obtenidos fueron analizados utilizando el programa Statistical Analysis System (SAS), versión 603, edición 1988. El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijk}: \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}, \text{ donde:}$$

Y_{ijk} : cualquier valor de vigor o germinación

μ_i : media general

α_i : efecto de la i-ésima zona

β_j : efecto del j-ésimo productor dentro de cada zona

$(\alpha\beta)_{ij}$: efecto de interacción entre los factores zona y productor dentro de la zona.

$\epsilon_{(ij)k}$: error aleatorio con media 0 y varianza común

2.2.2 Monitoreo de la calidad de la semilla durante el almacenamiento

En el estudio se evaluó la calidad de la semilla de sorgo de cuatro agricultores, tomándose las semillas de cada uno de ellos como un lote diferente. Cada lote se subdividió en dos partes, para almacenarse una en las condiciones naturales de la finca del agricultor y la otra en condiciones controladas en el Programa de Recursos Genético Nicaragüenses, adscrito a la Universidad Nacional Agraria como se describe en la Tabla 2.

Cada sub-lote fue dividido en tres partes y envasado en saco de polipropileno trenzado, bolsa plástica y silo metálico. El experimento trifactorial fue organizado en un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro réplicas de 50 semillas cada una. Una vez establecido el ensayo se procedió al muestreo en ambas condiciones para medir las variables humedad, vigor y germinación en cuatro momentos: muestreo inicial (0 días), a los 90 días, a los 180 días y a los 270 días. De esta manera, se estudiaron tres factores (modelo trifactorial): productor, ambiente y envase, en el cual se pretendió evaluar el efecto del manejo de la

semilla de cada productor, las condiciones de almacenamiento y el tipo de envase (Tabla 2) sobre las variables vigor y germinación.

Tabla 2. Descripción y ubicación de los tratamientos de almacenamiento de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

Productor	Ambiente	Tipo de envase
Alexis Morán	Natural	Silo Metálico
		Bolsa Plástica
		Saco
	Controlado	Silo Metálico
		Bolsa Plástica
		Saco
Félix Pedro Merlo	Natural	Silo Metálico
		Bolsa Plástica
		Saco
	Controlado	Silo Metálico
		Bolsa Plástica
		Saco
Isidro González	Natural	Silo Metálico
		Bolsa Plástica
		Saco
	Controlado	Silo Metálico
		Bolsa Plástica
		Saco
Néstor Andrés Cruz	Natural	Silo Metálico
		Bolsa Plástica
		Saco
	Controlado	Silo Metálico
		Bolsa Plástica
		Saco

Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa JMP, versión 4.05 (SAS, 2000). Los datos fueron sometidos a Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA) para determinar el efecto de los tratamientos en el tiempo, tanto dentro del tratamiento (dentro de sujetos) como entre los tratamientos (entre sujetos). El modelo aditivo lineal fue el siguiente:

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \alpha\beta_{ij} + \alpha\gamma_{ik} + \beta\gamma_{jk} + \alpha\beta\gamma_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}, \text{ donde:}$$

Y_{ijkl} : cualquier valor de vigor o germinación

μ : media general

α_i : efecto del i-ésimo productor

β_j : efecto del j-ésimo ambiente de almacén

γ_k : efecto del k-ésimo envase

$\alpha\beta_{ij}$: efecto de interacción entre los factores productor y ambiente de almacén

$\alpha\gamma_{ik}$: efecto de interacción entre los factores productor y envase

$\beta\gamma_{jk}$: efecto de interacción entre los factores ambiente de almacén y envase

$\alpha\beta\gamma_{ijk}$: efecto de interacción entre los factores productor, ambiente de almacén y envase

ε_{ijkl} : error aleatorio con media 0 y varianza común

2.3 Variables sometidas a estudio

Las variables medidas en el presente estudio para evaluar la calidad de la semilla fueron las siguientes:

2.3.1 Contenido de humedad de la semilla

El objetivo del análisis de humedad es calcular el porcentaje de humedad contenida en un lote de semilla, representado por la muestra de trabajo. Dicho porcentaje es importante en función de garantizar un buen almacenamiento (Gómez y Minelli, 1990)

El contenido de humedad de la muestra es la pérdida de peso cuando ésta es secada en conformidad con las reglas de la International Seed Testing Association (ISTA) de 1996. Se expresa como el porcentaje del peso de la muestra original. En el presente trabajo se determinó a través del método dieléctrico, descrito por González (1995); el cual expresa que las propiedades dieléctricas de un producto dependen de su contenido de humedad. En este caso se utilizó el equipo conocido como DOLE 400.

2.3.2 Vigor

Se determinó a través del primer conteo de plántulas emergidas a los 5 días después de la siembra en una cama germinadora con arena esterilizada como sustrato. El vigor se refiere a las características propias de la semilla que le permiten germinar y emerger sobre la superficie del suelo en un tiempo y condiciones determinadas. Estas características están determinadas por la calidad de la semilla; es decir, si la calidad es baja el vigor será bajo. El vigor de las semillas almacenadas es menor que la germinación, eso quiere decir que en una prueba de germinación un gran número de plántulas emergerá del suelo más temprano que otras, pero

existirán otras plántulas que emergerán un tiempo después. Esto último sucede porque hay algunas semillas que son más vigorosas que otras (Gómez & Fornos, 2000).

2.3.3 Germinación

La germinación es una característica de la semilla que se determina mediante un análisis de germinación cuyo resultado se expresa en porcentaje (ISTA, 1996). Esta se realiza para conocer si la semilla está en condiciones de germinar y dar una planta en buen estado en el campo y proporcionar resultados que permitan comparar el valor de los diferentes lotes de semillas. Para una buena germinación se debe disponer de agua, luz y oxígeno en el lugar de la prueba; la temperatura juega un papel fundamental durante este proceso, siendo los valores más adecuados de 24-35° C en el día y de 17-22° C en la noche (Gómez & Fornos, 2000). En el presente trabajo se realizó en cajones de madera con arena fina esterilizada y agua potable reposada para el riego.

2.3.4 Análisis de sanidad

El análisis fue realizado en el Laboratorio de Fitopatología del Departamento de Protección Agrícola y Forestal (DPAF) de la Facultad de Agronomía, Universidad Nacional Agraria, siguiendo la metodología de la ISTA (1996). Fueron utilizadas 200 semillas, las que se desinfectaron con alcohol al 95% durante un minuto, luego fueron secadas con papel filtro e incubadas en cámaras húmedas de 33 cm x 23 cm x 9 cm a temperatura de 20 – 22° C. A los seis días se realizó la lectura, anotando el número de semillas infestadas por los diferentes géneros de hongos de acuerdo a las claves descritas por Barnett y Hunter (1999) para la respectiva identificación. En el caso de las bacterias solamente se observó su presencia o ausencia.

2.4 Descripción de los envases

Los agricultores utilizan diversos tipos de envases para almacenar su semilla como la bolsa plástica, los silos metálicos y el saco de polipropileno trenzado. En el presente estudio se evaluó estos tres tipos de envases.

2.4.1 Silos metálicos

Los silos metálicos son recipientes para almacenar maíz, frijol y otros granos; son de forma cilíndrica y fabricados con láminas de zinc lisas galvanizadas, soldadas con estaño tanto en la parte superior del silo como el fondo. La parte superior tiene una abertura con tapadera que sirve para depositar el grano.

En los silos grandes, el tamaño de la abertura permite la entrada de una persona para realizar la limpieza interna y su revisión respectiva. El silo en su parte inferior tiene un orificio con tapadera para sacar el grano o la semilla (Schneider, 1995).

2.4.2 Bolsas plásticas

Las bolsas plásticas son buenas como recipientes alternativos para almacenar pequeñas cantidades de semilla desde 0.5 hasta 22.7 kg. Para cantidades mayores se utilizan sacos protegidos con bolsas plásticas internas similar al tamaño del saco y de mayor grosor, para detener la presión de la semilla y evitar el daño de la bolsa. Las bolsas plásticas más grandes facilitan un sellado más apropiado y su uso permite fumigar pequeñas cantidades de semillas aproximadamente de 45.45 kg. Estas deben estar libre de agujeros, tener el tamaño adecuado y sellarla adecuadamente amarrando con una cuerda el saco lo más fuerte posible, luego torcer y amarrar la bolsa plástica lo más cerca del saco (Schneider, 1995).

2.4.3 Sacos macén

Los sacos están hechos de yute, henequén, sisal; fibras locales y sintéticas. Colocar el grano en sacos es el método más antiguo de almacenamiento. Los sacos son relativamente costosos, pues no duran más de dos estaciones y no proporcionan mucha protección natural contra insectos, roedores y humedad. Frecuentemente estos ataques son de graves consecuencia debido a que el campesino no hace todo lo posible para proteger sus envases de grano (Lindblad y Druben, 1979).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Calidad inicial de la semilla

Las semillas colocadas en almacenamiento presentan niveles variables de calidad, en función de lo que ocurrió a las mismas en las fases anteriores, así se espera que diversos lotes de semilla se comporten de diferente manera en el almacenamiento. Este nivel de calidad inicial de la semilla está definido por diversos factores como el vigor de la planta progenitora, las condiciones climáticas durante la maduración de la semilla, grado de maduración a la cosecha, grado de daño físico y el secado. De esta calidad inicial de la semilla depende la capacidad de almacenamiento de la misma, incluyendo el contenido de humedad inicial (Moreira y Nakagawa, 1988).

3.1.1 Contenido de humedad inicial de la semilla

Las muestras de semillas tomadas de los lotes de los agricultores presentaron diferentes contenidos de humedad, comprendidos entre 10.1 y 13.5 %. El MAG (1996), define a través de las Normas Específicas de Certificación de Semillas un contenido máximo de humedad del 12 %. Considerando esta normativa, el 75 % de las muestras presentaron el contenido de agua adecuado para un almacenamiento seguro (Tabla 3).

Tabla 3. Rango de contenido de humedad en muestras de semilla de sorgo obtenidas de productores artesanales

Rango de humedad (%)	Contenido de humedad (%)	Cantidad muestras	Frecuencia relativa (%)
10.1-13.5	$\leq 12^{(RO)}$	3	75
	$> 12^{(RR)}$	1	25

RO = rango óptimo; RR = rango de riesgo.

El contenido de humedad de las semillas es el factor más importante para el almacenamiento; de él depende la conservación de su viabilidad (Tapia, 1987). Cuando el contenido de humedad de la semilla está en el rango óptimo se sugiere guardarse en estructuras herméticas para evitar fluctuaciones peligrosas en el contenido de humedad durante los períodos de tiempos húmedos (Harrington, 1978). En cambio, cuando el contenido de humedad de la semilla es superior al rango óptimo no es apropiado almacenar la semilla en estructuras herméticas porque la semilla se calentará, respirará más rápido y producirá más calor y humedad, por lo que se deteriorará más rápido (Lindblad & Druben, 1979).

Lo principal para todo productor de semilla es realizar un secado adecuado de la semilla y seleccionar el contenedor mas idóneo para el almacenamiento que permita mantener la calidad del insumo por un mayor periodo.

3.1.2 Vigor y germinación iniciales de la semilla

Vigor. La ISTA (1995) define al vigor como la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y comportamiento de la semilla o lote de semilla durante la germinación y emergencia de la plántula. Las semillas que se comportan bien son calificadas como semillas de vigor alto. El vigor es una propiedad fisiológica determinada por el genotipo y modificada por el ambiente, que gobierna su capacidad de dar origen a una plántula en el suelo, como también mejorar su capacidad de resistir a una serie de factores ambientales citado por Gómez, 1992).

La variable vigor mostró diferencias significativas para ambas fuentes de variación zona y productor dentro de zona, tal como se aprecia en la Tabla 4.

Tabla 4. Cuadrados medios, significancia estadística, porcentajes de variación y rangos en el análisis de vigor de cuatro lotes de semilla de sorgo

Fuente de variación	Cuadrados Medios	% Total	Rango de vigor (%)	CV (%)
Zona	390.1 *	27.6	70.0-79.9	8.6
Productor (zona)	166.6 *	30.9	64.5-83.2	
Error	42.0	41.5		

CV: Coeficiente de variación; * Significativo $P < 0.05$

Germinación. Según la ISTA (1996), la germinación de la semilla en una prueba de laboratorio es la emergencia y desarrollo de las plántulas hasta un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es capaz o no de desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables en el suelo. Desde el punto de vista fisiológico, el proceso de germinación supone el comienzo de una secuencia de eventos en los niveles molecular y celular que preceden al crecimiento visible del embrión (Andrade, 1992).

Esta variable mostró diferencias altamente significativas para las fuentes de variación zona y productor dentro de zona (Tabla 5). La semilla de sorgo registró valores mínimos y máximos de 67 y 90 % entre productores y promedios de 73.2 y 87.8 % entre zonas (Tabla 6). Se puede observar que gran parte de la variación total es debido a la fuente de variación zona (56.7 %) (Tabla 5). Según estos resultados, solamente el 50 % de los productores y las zonas producen

semilla de calidad considerando el parámetro de germinación (80 %) establecido por las Normas Específicas de Certificación de Semilla (Tabla 6).

Tabla 5. Cuadrados medios, significancia estadística y porcentajes de variación en el análisis de germinación de cuatro lotes de semilla de sorgo

Fuentes de variación	Cuadrados Medios	% Total	CV (%)
Zona	841.0 **	56.7	5.7
Productor (zona)	186.5 **	28.6	
Error	21.2	14.7	

C.V: Coeficiente de variación; **Altamente significativo $P < 0.01$

Tabla 6. Germinación inicial de cuatro lotes de semilla de sorgo producidos en diferentes zonas de Nicaragua

Rango de germinación (%)		Germinación (%)	Categoría	Cantidad	
Productores	Zonas			Productores	Zona
67-90	73.2-87.8	≥ 80	Semilla	2	1
		< 80	Grano	2	1

La prueba de vigor no es una prueba oficial para el análisis la calidad de semilla; sin embargo, el comportamiento de esta variable permite conocer la capacidad que tienen las semillas de germinar de manera uniforme en condiciones adversas en el campo. Gómez y Minelli (1990), señalan que existe una gran diferencia entre el porcentaje de plantas que germinan en la prueba de laboratorio, donde las condiciones son óptimas, y el porcentaje de emergencia en el campo y que la diferencia es mayor cuanto más bajo es el porcentaje de germinación en condiciones controladas. No obstante, algunas especies como el sorgo puede presentar el fenómeno de latencia en su semilla recién cosechada. Thompson (1979), señala que el estado de latencia es extremadamente variable, pudiendo durar solo unos pocos días o varios años.

Las diferencias de vigor y germinación en las zonas pueden deberse a las diferentes condiciones ambientales existentes. Delouche (1980) citado por Moreira y Nakagawa (1988), indica que las condiciones ambientales son importantes en la acumulación de sustancias de reserva en las semillas que resulta de las translocación del material fotosintetizado en parte antes y después de la antesis.

Los principales factores que afectan el vigor y germinación son la temperatura, precipitación (Roberts, citado por Gómez, 1992) y el alto contenido de humedad (Maiti, 1985).

Las diferencias de vigor y germinación debida a la fuente de variación productor dentro de zona, pueden tener su origen en aspectos relacionados con el manejo que el agricultor hace en sus campos semilleros y de post-cosecha. Somarriba (1997), y Gómez y Minelli (1990), mencionan que la prolongación de la permanencia de la semilla en el campo una vez alcanzada la madurez fisiológica causa pérdidas en el vigor y germinación, principalmente debido a las enfermedades, daños ocasionados por insectos (FAO, 1977) y las diferentes condiciones ambientales (ISTA, 1995). Cuando las semillas se someten a sobre secamiento y se almacenan bajo condiciones inadecuadas, el patrón general de expresión del vigor se altera (Chin, citado por Gómez, 1992).

Shephard *et al.* (1996), concluyeron en un estudio que la etapa de cosecha de las semillas de sorgo y su manipulación subsiguiente (típico en algunos sistemas de escasos recursos) pueden conducir a diferencias en el vigor y germinación. Los mismos autores reportan que las semillas cosechadas luego de la formación de la capa negra y secadas al sol (que tuvieron la viabilidad más baja) también mostraron la disminución más grande en el vigor y en la germinación. El problema existente para determinar el momento óptimo de cosecha para todas las semillas es que cada lote está constituido por semillas originadas de plantas de diferentes estados de maduración, incluso según la especie hay variaciones dentro de la propia planta (Moreira y Nakagawa, 1988).

3.1.3 Sanidad de la semilla

El inóculo de los parásitos en la semilla es dinámico y da lugar a reacciones en cadena de creciente destrucción. Puede producir una insistente reducción en los rendimientos año tras año, que pasa inadvertida para el agricultor (FAO, 1977).. En el análisis de la semilla de sorgo se determinó la presencia del género *Curvularia*, con un amplio rango de 9 – 35 % y el porcentaje promedio de semillas infestadas de 19.1 (Tabla 7).

Tabla 7. Rangos y promedios del porcentaje de semillas de sorgo infestadas por hongos

	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Helminthosporium</i> spp.	<i>Curvularia</i> spp.	<i>Cladosporium</i> spp.
Rango	1 - 6.5	9 - 11	9 - 35	0 - 2
Promedio	3.4	7.5	19.1	0.5

El contenido de humedad es el factor más importante ya que se ha encontrado que los contenidos de agua entre 22 – 23 % en la semilla favorecen el desarrollo de los hongos de campo (Schneider, 1995); siendo los géneros más comunes *Fusarium*, *Alternaria*, *Cladosporium* y *Helminthosporium* (Christensen, 1976; Ramayo, 1983); contenidos de

humedad superiores a 13 %, humedad relativa por encima al 70 % y temperaturas de 25 a 30° C favorecen al desarrollo de hongos de almacén del género *Penicillium* spp. y *Aspergillus* spp., los que no fueron detectados en la semilla (Cebrreros, 1983). Los hongos de campo atacan el endospermo y el embrión reduciendo la germinación de la semilla y el desarrollo de las plántulas y el rendimiento (Castaño y del Río, 1994). De los hongos reportados por las Normas Especificas de Certificación de Semillas, la semilla de sorgo presentó porcentajes promedios de semillas infestadas superior a lo permitido (0.002 %), esta situación se puede presentar porque esta semilla es secada en la planta y esta especie tiene semillas sin protección, estando expuesta a las condiciones ambientales desde la madurez fisiológica hasta que es almacenada (Fornos, 2001; comunicación personal).

3.2 Monitoreo de la calidad

El monitoreo de la calidad se refiere a la verificación del estado de la semilla en cuanto a las diversas variables durante el almacenamiento. En este caso se realizó evaluando el vigor y la germinación.

3.2.1 Significancia estadística para la variable vigor en la semilla de sorgo

En la Tabla 8 se muestran los resultados obtenidos del análisis multivariado de varianza. Se puede apreciar que la variable vigor resultó significativamente influenciada por los factores estudiados: productor, ambiente, envase y sus interacciones, sumándose el efecto del factor tiempo.

Tabla 8. Significancia estadística entre y dentro de sujetos para la variable vigor de la semilla de sorgo, en dependencia del efecto de los factores productor, ambiente, envases y sus interacciones, más el efecto del factor tiempo

Entre sujetos		Dentro de sujetos	
Factores e interacciones	Significancia	Factores e interacciones	Significancia
Productor	***	Tiempo (T)	***
Ambiente	***	T * Productor	***
Productor * Ambiente	***	T * Ambiente	**
Envase	***	T * Productor * Ambiente	***
Productor * Envase	**	T * Envase	***
Ambiente * Envase	***	T * Productor * Envase	***
Ambiente * Envase * Productor	NS	T * Ambiente * Envase	***
		T * Ambiente * Envase * Productor	NS

*** Significativo, con probabilidad < 0.001

NS: No significativo, probabilidad > 0.05

** Significativo, con probabilidad entre 0.01 y 0.001

3.2.2 Comportamiento del vigor de la semilla en dependencia del productor y el ambiente del almacén

Estos dos factores al interactuar entre sí combinan el manejo que realiza el productor en el proceso de producción, como el efecto de las condiciones ambientales de almacenamiento, lo que al final pueden definir el vigor de la semilla producida y almacenada. Esta interacción presentó diferencias estadísticas al realizarse el análisis multivariado de varianza (Tabla 8).

La mejor interacción se observó en el productor Alexis Morán en el almacén del agricultor, con valores muy similares de 76.27 % al inicio y 75 % a los 270 días de almacenada la semilla (Tabla 9), comportándose mejor que en las condiciones controladas con la semilla del mismo productor. El más bajo vigor en el tiempo lo presentó la interacción del productor Félix Pedro Merlo en el almacén del agricultor, partiendo de un vigor inicial de 64.5 % y finalizando con 32.5 %. A excepción de la semilla del productor Alexis Morán almacenada en la finca de éste, resto de las interacciones productor versus condición natural del almacén del agricultor, presentaron menores valores de vigor que las interacciones productor versus condición controlada (Tabla 9).

Tabla 9. Cambios en el porcentaje promedio del vigor de la semilla de sorgo producida por agricultores de distintas zonas y almacenada en diferentes ambientes

Productor	Ambiente	Porcentaje de vigor por muestreos		
		0 días	180 días	270 días
Alexis Morán	Natural	76.3	70.5	75.0
	Controlado	76.3	74.0	61.0
Félix Pedro Merlo	Natural	64.5	55.3	32.5
	Controlado	64.5	52.0	47.8
Isidro González	Natural	75.7	63.1	43.8
	Controlado	75.7	73.5	64.6
Néstor Andrés Cruz	Natural	83.1	57.2	42.7
	Controlado	83.1	64.8	47.2

3.2.3 Comportamiento del vigor de la semilla en dependencia del envase y el productor

La interacción productor por envase conjuga la forma de manejo que el agricultor le realizó en campo al cultivo destinado para semillas y las bondades de hermeticidad de los distintos envases utilizados para almacenar las semillas. De acuerdo al análisis multivariado de varianzas, esta interacción resultó ser significativa, como lo muestra la tabla 8. En la tabla 10 se muestran los resultados medios, donde se puede observar que las variaciones del vigor en el tiempo más estables, se dieron en la interacción del productor Alexis Morán con silo metálico,

pasando de 76.3 % al inicio a 74.0 % a los 270 días; siguiéndole en comportamiento la interacción productor Isidro González con silo metálico, con valores promedios de 75.5 % al comienzo del período de evaluación a 60.3 % a los 270 días. Las peores interacciones fueron Félix Pedro Merlo y Néstor Andrés Cruz con saco macén, donde el vigor bajó a 18.5 y 23.8 % a los 270 días de almacenamiento, respectivamente, lo que indica que el saco no es adecuado para almacenar semilla.

Tabla 10. Cambios en el porcentaje promedio del vigor de la semilla de sorgo producida por agricultores de distintas zonas y almacenadas en diferentes envases

Productor	Envase	Muestras		
		0 días	180 días	270 días
Alexis Morán	Silo metálico	76.3	76.8	74.0
	Bolsa plástica	76.3	71.5	65.0
	Saco macén	76.3	68.5	65.0
Félix Pedro Merlo	Silo metálico	64.5	58.0	53.5
	Bolsa plástica	64.5	56.5	48.5
	Saco macén	64.5	46.5	18.5
Isidro González	Silo metálico	75.5	73.3	60.3
	Bolsa plástica	75.5	72.8	65.0
	Saco macén	75.3	58.9	37.3
Néstor Andrés Cruz	Silo metálico	72.0	69.0	62.0
	Bolsa plástica	83.1	54.5	50.5
	Saco macén	83.1	62.62	23.8

3.2.4 Comportamiento del vigor de la semilla en dependencia del envase y el ambiente del almacén

El ambiente del almacén afecta el vigor de las semillas, dado que la humedad relativa y la temperatura, al interactuar con las características del envase definen el grado de intercambio gaseoso de la semilla. En la Tabla 11 se aprecia que el vigor fue mejor conservado por el silo metálico tanto en condiciones controladas como en naturales con valores de 59.5 y 64.6 %, respectivamente, luego de 270 días de almacenamiento.

El análisis estadístico para esta interacción mostró diferencias significativas con $P < 0.001$ (Tabla 8). Moreira y Nakagawa (1988) sostienen que la temperatura y la humedad relativa del aire son los factores que afectan la calidad fisiológica de la semilla, en particular el vigor, durante el almacenamiento. La humedad relativa tiene una estrecha relación con el contenido de humedad de la semilla, la cual gobierna la ocurrencia de los diferentes procesos metabólicos que ellos pueden sufrir; mientras que la temperatura afecta la velocidad de los procesos bioquímicos e interfiere, indirectamente, sobre el contenido de humedad de las

semillas. De tal forma, bajas temperaturas y baja humedad relativa disminuyen la actividad metabólica del embrión, conservando mejor la calidad fisiológica de la semilla. Los mismos autores afirman que si la semilla está lo suficientemente seca puede ser almacenada en recipientes herméticos y si la semilla está húmeda se deteriorará rápidamente, manifestándose en la pérdida de vigor y una posterior pérdida de capacidad de germinación.

En el presente estudio, las diferencias encontradas entre los ambientes se deben posiblemente a las diferencias existentes respecto a los factores humedad y temperatura.

Tabla 11. Cambios en el porcentaje de vigor de la semilla de sorgo envasada en diferentes empaques y almacenada en condiciones naturales y controladas

Envase	Ambiente	Muestreo		
		0 días	180 días	270 días
Silo Metálico	Natural	74.8	70.1	64.6
	Controlado	74.8	66.7	59.5
Bolsa Plástica	Natural	74.8	60.7	56.7
	Controlado	74.8	66.8	57.7
Saco	Natural	74.6	53.7	24.0
	Controlado	74.8	64.5	48.1

3.2.5 Significancia estadística para la variable germinación en la semilla de sorgo

En la Tabla 12 se muestran los resultados obtenidos del análisis multivariado de varianza. Se puede apreciar que la variable germinación resultó significativamente influenciada por los factores estudiados: productor, ambiente, envase y sus interacciones, sumándose el efecto del factor tiempo.

Tabla 12. Significancia estadística entre y dentro de sujetos para la variable germinación de la semilla de sorgo, en dependencia del efecto de los factores productor, ambiente, envases y sus interacciones, más el efecto del factor tiempo

Entre sujetos		Dentro del sujeto	
Factores e interacciones	Significancia	Factores e interacciones	Significancia
Productor	***	Tiempo (T)	***
Ambiente	***	T * Productor	***
Productor * Ambiente	**	T * Ambiente	***
Envase	***	T * Productor * Ambiente	***
Productor * Envase	***	T * Envase	***
Ambiente * Envase	***	T * Productor * Envase	***
Ambiente * Envase * Productor	*	T * Ambiente * Envase	***
		T * Ambiente * Envase * Productor	***

*** Significativo, con probabilidad < 0.001

* Significativo, con probabilidad entre 0.05 y 0.01

** Significativo, con probabilidad entre 0.01 y 0.001

3.2.6 Comportamiento de la germinación en dependencia del productor y el ambiente del almacén

Esta interacción se ve afectada por la forma como se manejó el cultivo en el campo y por la influencia de los elementos climáticos, temperatura y humedad relativa del entorno. El análisis multivariado de varianza de la Tabla 12 muestra que para esta interacción hubo diferencias estadísticas para la germinación del sorgo. En la Tabla 13 se puede apreciar que la mejor interacción de estos dos factores corresponde al productor Alexis Morán en el ambiente controlado, manteniendo una germinación de la semilla por encima del 80% durante los 270 días del estudio y en ambiente natural ocupó el segundo lugar, pasando de 84.87 % al inicio del período a 78.33 % a los 270 días, presentándose un comportamiento similar cuando se analizaron las mismas interacciones para el vigor de la semilla. La peor interacción se observa entre los factores Félix Pedro Merlo versus almacén del agricultor, con germinación de 67 % al inicio y 42.66 % a los 270 días. Es importante señalar que la interacción Néstor Andrés Cruz en el ambiente del agricultor, a pesar de haber presentado los mayores porcentajes de germinación inicial con 90.43 %, al final de los 270 días se redujo en forma drástica hasta el 52.16 %, probablemente debido al manejo que realizó el agricultor Néstor Andrés Cruz al campo de producción de semilla.

Tabla 13. Cambios en el porcentaje promedio de la germinación de la semilla de sorgo producida por agricultores de distintas zonas y almacenada en diferentes ambientes

Productor	Ambiente	Porcentaje de germinación por muestreos		
		0 días	180 días	270 días
Alexis Morán	Natural	84.9	78.2	78.3
	Controlado	84.9	83.3	80.5
Félix Pedro Merlo	Natural	67.0	62.2	42.7
	Controlado	67.0	65.5	61.7
Isidro González	Natural	79.8	72.6	52.8
	Controlado	79.8	74.9	78.4
Néstor Andrés Cruz	Natural	90.4	68.8	52.2
	Controlado	90.4	79.5	76.8

3.2.7 Comportamiento de la germinación en dependencia del envase y el productor

La interacción productor por envase conjuga la forma de manejo que el agricultor le realizó en campo al cultivo destinado para semillas y las bondades de hermeticidad de los distintos envases utilizados para almacenar las semillas, esta interacción manifestó diferencias estadísticas al realizar el análisis multivariado de varianzas (Tabla 12). Los resultados promedios de las interacciones se observan en la Tabla 14, Alexis Morán con silo metálico

presentó los mejores resultados, de tal forma que hasta existió un incremento del porcentaje de germinación, siendo esto normal ya que la semilla de sorgo presenta cierta latencia que desaparece al pasar algunos meses (Gaitán, 1991); un comportamiento uniforme de la germinación se observa en la semilla de Isidro González almacenada en bolsa plástica, manteniendo la germinación en este envase entre 79.5 y 78.25 % durante todo el periodo. El productor Néstor Andrés Cruz, a pesar de tener los más altos niveles iniciales de germinación, al final del periodo aún en silo metálico se cae la germinación de 90.43 a 75.75 %; situación similar se observó para este mismo productor cuando se analizó versus ambiente, donde se redujo drásticamente el porcentaje de germinación, lo que podría confirmar que sus semillas desde que se cosecharon no presentaban la calidad adecuada para sobrevivir mucho tiempo, a pesar de lo que se haga en el almacén.

La peor interacción se dio con el productor Félix Pedro Merlo con envase de saco macén, reduciéndose la germinación de 67 % al inicio del estudio hasta 28.25 % al final (Tabla 14), situación similar se dio para esta misma interacción cuando se estudió el vigor de la semilla de sorgo.

Tabla 14. Cambios en el porcentaje promedio de la germinación de la semilla de sorgo producida por agricultores de distintas zonas y almacenadas en diferentes envases

Productor	Envase	Porcentaje de germinación por muestreo		
		0 días	180 días	270 días
Alexis Morán	Silo metálico	84.9	85.5	85.3
	Bolsa plástica	84.9	77.5	77.8
	Saco	84.9	79.5	75.3
Félix Pedro Merlo	Silo metálico	67.0	66.5	64.5
	Bolsa plástica	67.0	67.3	63.8
	Saco	67.0	57.8	28.3
Isidro González	Silo metálico	79.5	80.3	71.3
	Bolsa plástica	79.5	78.3	78.3
	Saco	79.5	62.7	47.4
Néstor Andrés Cruz	Silo metálico	90.4	81.3	75.8
	Bolsa plástica	90.4	67.8	64.8
	Saco	90.4	73.5	53.0

3.2.8 Comportamiento de la germinación en dependencia del envase y el ambiente del almacén

La localidad para el almacenamiento de semillas es muy importante al tener definidas algunas particularidades climáticas que pueden afectar la germinación de las semillas, como son la temperatura y humedad relativa, en tanto que el tipo de envase define la existencia de

intercambio de humedad entre las semillas y el ambiente, principalmente, que a la larga afectan la calidad final de ellas. La interacción de estos factores mostró diferencias estadística en el tiempo al efectuarle el análisis multivariado de varianza (Tabla 12). Los resultados medios se observan en la Tabla 15, el silo metálico en el ambiente controlado mantuvo los mayores valores de germinación hasta los 180 días, pero al final decayó por debajo de bolsa plástica en condiciones del agricultor. Los peores interacciones siguen siendo saco macén indistintamente de la localidad; situación similar le ocurre al vigor ante estas interacciones.

De manera general se puede apreciar que el silo metálico sigue comportándose como el mejor envase para almacenar semillas de sorgo, sin importar el ambiente o el productor.

Tabla 15. Cambios en el porcentaje promedio de la germinación de la semilla de sorgo almacenada en diferentes ambientes y empacada en distintos envases

Ambiente	Envase	Porcentaje de germinación por muestreos		
		0 días	180 días	270 días
Natural	Silo metálico	80.7	80.6	71.6
	Bolsa plástica	80.7	69.5	64.5
	Saco macén	80.7	61.4	33.4
Controlado	Silo metálico	80.7	76.1	76.8
	Bolsa plástica	80.7	76.1	77.8
	Saco macén	80.7	75.2	68.6

4. CONCLUSIONES

Basándose en los resultados expuestos anteriormente se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- ⊗ La semilla de sorgo producida por los productores artesanales resultó de buena calidad fisiológica, pero presentó problemas de sanidad, probablemente a que se encuentra expuesta al ambiente sin ninguna protección. El 75 % de los lotes presentaron contenido de humedad adecuado para su almacenamiento.
- ⊗ El análisis de varianza mostró diferencias significativas para los efectos de zona y productores dentro de zona para la variable vigor y diferencias altamente significativas para la variable germinación.
- ⊗ Según los resultados del Análisis Multivariado de Varianza, el vigor y la germinación fueron significativamente influenciados por los factores productor, ambiente del almacén, envase y sus interacciones, más el efecto del factor tiempo.
- ⊗ De acuerdo a los resultados, es posible almacenar semilla de sorgo producida en forma artesanal por los agricultores hasta por 180 días.
- ⊗ Se determinó que el mejor envase para el almacenamiento hasta por 180 días, en las semillas de sorgo producida en forma artesanal es el silo metálico en primera instancia; seguido de la bolsa plástica.

5. RECOMENDACIONES

Mantener a la semilla en el campo el menor tiempo posible una vez alcanzada la madurez fisiológica.

Almacenar la semilla de sorgo en contenedores herméticos como silos metálicos, bolsas o contenedores plásticos y barriles, solamente si tiene 12 % o menos de humedad.

Revisar frecuentemente la semilla una vez que está almacenada para detectar la presencia de insectos o masas de semillas húmedas.

Capacitar a los productores artesanales de semilla en metodologías apropiadas para verificar la calidad de esta durante el almacenamiento.

6 BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, H. 1992. Mejoramiento del vigor en semillas de maíz y su relación con emergencia y rendimiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Centro de Genética. Montecillo, México. 98 pág.
- Burnet H., L. y B. Hunter. 1999. Illustrated Genera of Imperfect Fungi. Fourth edition. Editorial: The American Phytopathological Society. St. Poul, Minesota. 218 pág.
- Castaño Zapata, J. y L. del Río. 1994. Guía para el diagnóstico y control de enfermedades en cultivos de importancia económica. Tercera edición. Zamorano. Honduras: Zamorano Academic Press. 302 pág.
- Cebreros S., F. 1983. Identificación de hongos en granos almacenados en el estado de Tabasco, México. Tesis M.Sc. Colegio de Postgraduados. 66 pág.
- Christensen C., M. y López, L. C. 1976. Daños que causan en México los hongos de granos almacenados. Folleto técnico No. 44. Instituto Nacional de Investigación Agrícola. S. A. G. México. 39 pág.
- Gaitán, L. 1991. Estudio sobre algunas causas de baja germinación de tres variedades de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
- Gómez Gutiérrez, O. J y Fornos Reyes, D. M. 2000. Manejo agronómico de la producción de semillas. Curso de post - grado en producción y tecnología de semillas. Managua, Nicaragua. 40 pág.
- Gómez Gutiérrez, O. J. 1992. Mejoramiento genético del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) considerando longevidad y vigor de semillas como criterios iniciales de selección. Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 88 pág.
- Gómez G., O. J y Minelli, M. 1990. La producción de semilla. Texto básico para el desarrollo del curso de producción de semillas en la Universidad de Nicaragua. 210 pág.
- González, A. 1995. El maíz y su conservación. Editorial Trillas. México. 399 pág.
- Giraldo, G. 2000. Atributos de calidad de semilla.. I Curso sobre tecnología de semilla 1999. PROMESA .18 pág.
- Harrington, J. E. 1978. Seed storage and packing. Applications for India. National Seed Corporation, Hd. Nueva Delhi, India. 18 pág.
- Hernández, C. 1990. Mejoramiento Genético del Sorgo en el INIFAP – México. Memoria XXXVII Reunión Anual PCCMCA. Panamá. 509 – 516 p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International Rules for Seed Testing. Rules 1996. Seed Sci. and Technol. 24 Supplement, Roma. 335 pág.

- International. Seed Testing Association (ISTA). 1995 Handbook of Vigour Test Methods. 3 rd. Ed Edited by J.G. Hampton and D.M. TeKrony. Switzerland. 117 pág.
- Lindblad, C. y Druben, L. 1979. Almacenamiento del grano, manejo, secado, silos, control de insectos y roedores. Editorial - Concepto S.A. Primera edición. México, D. F. 331 pág.
- Maiti, R. K. 1985. Estudio sobre la germinabilidad y algunos aspectos fisiológicos del grano de sorgo antes de la cosecha. *Seed Science and Technology*. Volumen 13, No. 1 p. 27 – 28.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). 1996. Normas específicas de certificación para la producción de semillas de granos básicos, oleaginosas, papa y café. Managua, Nicaragua. 54 pág.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. Centro Nacional de Investigación en Granos Básicos (MAG/CNIGB). 1991. El Sorgo. Guía técnica. Managua. 36 pág.
- Moreira de Carvalho, N y Joao Nakagawa. 1988. Semillas: Ciencia, tecnología y producción. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Brasil. 406 pág.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1977. Tecnología de la semilla de cereales. Manual de producción, control de calidad y distribución de semillas de cereales. Compilado por Walther P. Feistritzer; (Dirección de Producción y Protección Vegetal). Roma, Italia. 260 pág.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1985. Procesamiento de semillas de cereales y leguminosas de grano. Directrices técnicas. Roma. 173 pág.
- Ramayo R., L. F. 1983. Tecnología de granos. Universidad Autónoma Chapingo (México). 212 pág.
- Raymond, A. T. Producción de semillas de Plantas Hortícolas. 1989, Ediciones Mundi-Prensa, Castello, 37. 28001. Madrid.
- SAS Institute. 2000. JMP Statistic and Graphics guide. Version 4.05. SAS Institute, Cary, NC.
- Schneider, K. 1995. Silo metálico, manejo de los granos almacenados. Programa regional post cosecha - COSUDE, cooperación sueca.
- Shephard, H. L.; Naylor R., E. L. y Southbury, T. 1996. The influence of seed maturity at harvest and drying method on the embryo - amylase activity and seed vigour in sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench). *Seed Science and Technology*. P. 24, 245, 259.
- Somarrriba R., C. 1997. Granos básicos. Universidad Nacional Agraria. Escuela de Producción Vegetal. Departamento de Cultivos Anuales. 197 pág.
- Statistical Analysis System (SAS). 1988. Guide for personal computer. Versión 6.03. USA. 1028 pág.

Tapia B., H. 1987. Etapas de desarrollo de la planta, madurez y germinación. Managua. Pág. 68 – 81.

Thompson, J. 1979. Introducción a la tecnología de las semillas. Editorial ACRIBIA, de la edición en lengua española. Zaragoza, España. 301 pág.