

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



TRABAJO DE DIPLOMA

**PERIODO DE CONSERVACIÓN DE LA SEMILLA DE FRIJOL
COMUN (*Phaseolus vulgaris* L.) BAJO DIFERENTES
CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO**

AUTORES:

**Br. MARIA VERÓNICA REYES
Br. XIOMARA DEL CARMEN MENDOZA GAITAN**

ASESOR:

Ing. M.Sc. MARVIN FORNOS REYES

**MANAGUA, NICARAGUA
MARZO, 2002**

DEDICATORIA

La culminación del presente trabajo es producto de un esfuerzo colectivo, y significa el haber escalado un peldaño más en la escalera de la vida, así como un premio a ese esfuerzo, por lo que hoy se lo dedico:

A Dios, primero por haberme dado el Don de la Vida y luego, por haberme dado la oportunidad de cumplir con este trabajo y ofrecerme una opción de superación, así como de demostrar mi amor por mis seres queridos.

A mi Madre María Teresa Reyes Salinas, quien con su amor y sacrificio ha sido el pilar fundamental para culminar esta etapa de mi formación profesional.

A mi abuelita María Esther Salinas Mendoza, por su amor y apoyo en los momentos más difíciles de mi vida.

A mis hermanos Juan Carlos y Erika Fabiola, por respetarme y apoyarme en mis decisiones.

María Verónica Reyes

DEDICATORIA

Al inicio de mi carrera sabía que era un poco difícil pero nunca imposible de llegar a lograrlo, hoy todo ha sido una realidad conjunta de mis propios esfuerzos y el de mis compañeros, es la culminación de algo muy importante en mi vida. Es por eso que hoy tengo el privilegio de dedicar este trabajo de diploma, antes que nada:

A “Dios”, por haberme permitido el Don de la Vida y haber hecho realidad la culminación de mis estudios universitarios.

A mi Señora Madre Carmen Gaitán (q.e.p.d.), aunque el destino no nos haya permitido estar juntas, tengo la satisfacción de dedicarte mi trabajo, y sé que tú estarás orgullosa de mis triunfos y logros obtenidos en mi vida.

A mi Padre Miguel Ángel Mendoza Téllez, por ser parte fundamental en la iniciación y culminación de mi carrera.

A mi tía Mercedes Gaitán López, por haber sido como una madre en todo este tiempo en el cual sufrí la ausencia de mi Madre.

Gracias Padres por inculcar en mi persona aquellos valores que hoy han hecho en mí lo que soy, por su apoyo incondicional durante todo este tiempo de estudio, aún en aquellos momentos más difíciles que transcurrieron en mi vida.

A tres personas que fueron incondicionales durante este largo trayecto de mi vida y mi carrera.

Mis hermanos: Gustavo Alberto Mendoza Gaitán
 Julio César Mendoza Gaitán
 Miguel Ángel Mendoza Gaitán

A mi tío Jorge José González (q.e.p.d.) por su ayuda incondicional en mis estudios universitarios.

A la Sra. Ruth Dávila, por haber sido partícipe en el inicio y culminación de mis estudios universitarios.

Xiomara del Carmen Mendoza Gaitán

AGRADECIMIENTO

Deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma nos apoyaron incondicionalmente con sus valiosos conocimientos y tiempo para la realización de este trabajo.

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

A nuestro asesor y amigo, Ing. M.Sc. Marvin Fornos Reyes, por su apoyo y confianza en la elaboración de este trabajo.

Al Ing. M.Sc. Oscar Gómez Gutiérrez, por su apoyo en el procesamiento estadístico de los datos y sus valiosos aportes en la revisión final del documento.

Al personal del CENIDA, especialmente a María Catalina Sánchez, por su valiosa cooperación en la búsqueda y obtención de información.

A nuestra amiga Tania Cisneros Neira, por la transcripción de nuestro trabajo de diploma.

Nuestro agradecimiento a nuestros compañeros de trabajo que de una u otra forma colaboraron en la culminación de este estudio: Wilfredo Nicaragua, Pío Vallecillo, Carlos Méndez, Arling Mercado, Erick Leiva y Otilio Montoya.

A nuestros docentes que impartieron las diferentes asignatura durante el período de nuestros estudios universitarios.

A todos ellos muchas gracias y nuestro más sincero agradecimiento.

María Verónica Reyes
Xiomara Mendoza Gaitán

INDICE DE CONTENIDO

Sección	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
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	6
2.3.1 Contenido de humedad de la semilla	6
2.3.2 Vigor	6
2.3.3 Germinación	6
2.3.4 Análisis de Sanidad	6
2.4 Descripción de los envases	7
2.4.1 Silos metálicos	7
2.4.2 Bolsas plásticas	7
2.4.3 Sacos de polipropileno trenzado	7
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	9
3.1 Calidad inicial de la semilla	9
3.1.1 Contenido de humedad inicial de la semilla	9
3.1.2 Vigor inicial de la semilla	10
3.1.3 Germinación inicial de la semilla	11
3.1.4 Sanidad de la semilla	13
3.2 Monitoreo de la calidad de la semilla	14
3.2.1 Significancia estadística para las variables vigor y germinación en semilla de frijol	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	16
3.2.4	Comportamiento del vigor de la semilla en dependencia del envase y el ambiente del almacén	18
3.2.5	Comportamiento de la germinación en dependencia del productor y el ambiente del almacén	19
3.2.6	Comportamiento de la germinación en dependencia del envase y el productor	20
3.2.7	Comportamiento de la germinación en dependencia del envase y el ambiente del almacén	22
4.	CONCLUSIONES	23
5	RECOMENDACIONES	24
6.	BIBLIOGRAFÍA	25

Índice de Tablas

Tabla N°		Pág.
1	Ubicación de los ensayos de almacenamiento de frijol	4
2	Cuadrados medios, significancia estadística, componentes de varianza y coeficiente de variación del vigor de la semilla de frijol	10
3	Comportamiento de las variables vigor y germinación de la semilla de frijol de diversos productores almacenada en diferentes zonas de Nicaragua	11
4	Cuadrados medios, significancia estadística, componentes de varianza y coeficiente de variación de la germinación de la semilla de frijol	12
5	Datos, rango y promedio de semillas infestadas de 10 muestras de frijol de cinco zonas de Nicaragua	13
6	Significancia estadística entre y dentro de sujetos para la variables vigor y germinación, en dependencia del efecto de los factores productor, ambiente, envase y sus interacciones	15
7	Cambios en el porcentaje de vigor de la semilla de frijol producida por diferentes productores y almacenada en distintos ambientes	16
8	Cambios en el porcentaje de vigor de la semilla de frijol producida por diferentes productores y envasadas en distintos empaques	17
9	Cambios en el porcentaje de vigor de la semilla de frijol envasada en diferentes empaques y almacenada en condiciones naturales y controladas	19
10	Cambios en el porcentaje de germinación de la semilla de frijol producida por diferentes productores y almacenada en distintos ambientes	20
11	Cambios en el porcentaje de germinación de la semilla de frijol producida por diferentes productores y envasada en distintos empaques	21
12	Cambios en el porcentaje de germinación de la semilla de frijol envasada en diferentes empaques y almacenada en condiciones naturales y controladas	22

Índice de Anexos

Anexo N°		Pág.
1	Promedio general del contenido de humedad en semillas de frijol de 11 productores de diferentes zonas de Nicaragua	29
2	Promedio general del contenido de humedad en semillas de frijol de 11 productores almacenada en condiciones naturales y en condiciones controladas	29
3	Promedio general del contenido de humedad en semillas de frijol de 11 productores almacenada en diferentes tipos envases	29
4	Comportamiento de las variables vigor, germinación y el contenido de humedad de la semilla de frijol común de 11 productores de diferentes zonas y envasada en tres tipos de empaques y almacenada en diferentes condiciones ambientales	30

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con semilla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) de 12 agricultores de igual número de localidades del territorio nicaragüense, con los objetivos de determinar el periodo de almacenamiento de la semilla en las condiciones de los agricultores, determinar el mejor envase para almacenamiento en las mismas condiciones y determinar la calidad inicial de la semilla a través de la medición de las variables contenido de humedad, vigor, germinación y sanidad. La semilla de cada productor se tomó como un lote, el cual se dividió en dos partes: una para almacenarse en condiciones naturales en la finca del agricultor y otra en condiciones controladas en el Programa de Recursos Genéticos Nicaragüenses (REGEN), adscrito a la Universidad Nacional Agraria (UNA). Tanto en las condiciones naturales como en las controladas, cada sub-lote se dividió en tres partes para almacenarse cada una en silo metálico, bolsa plástica y saco de polipropileno trenzado. De esta manera se estudiaron tres factores (modelo trifactorial): productor, localidad y envase, arreglados en un Diseño Completamente al Azar, con el fin de evaluar el efecto del manejo de la semilla de cada productor, las condiciones de almacenamiento y el tipo de envase sobre las variables vigor y germinación de la semilla. Se hizo el 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, haciendo 4 réplicas de 50 semillas cada una. Para el análisis de los resultados de calidad inicial de la semilla se utilizaron rangos promedios, exceptuando las variables vigor y germinación cuyo datos provenientes de un experimento bifactorial (factor A = zona y factor = B productores dentro de zonas) arreglados en un diseño completamente al azar, fueron sometidas al análisis de varianza. De igual manera se realizó el análisis de componentes de varianza a fin de determinar el efecto de cada uno de los factores bajo estudio sobre la respuesta de las variables antes mencionada. Los datos de vigor y germinación provenientes del monitoreo de la calidad de la semilla fueron sometidos a análisis multivariado de varianza. De acuerdo al análisis de varianza, los efectos de zona y productores dentro de zona resultaron altamente significativos para la variable vigor. Para el caso de la germinación solamente el efecto productores dentro de zona resultó altamente significativo. La semilla de la zona B-5 (Jinotega y Matagalpa) mostró el vigor inicial más alto con un valor de 85.6 %, seguido de la zona A-2 (Masaya, Carazo y Granada) 76.5 %; sin embargo, la semilla del productor Edgar Huete (Madriz) mostró el vigor inicial más elevado con 88.5 %. Respecto a la germinación inicial el valor más alta lo mostró la semilla de los productores Armando Guerrero (Estelí) con 100 %, Eusebio García (Matagalpa) con 99 % y René Navas (Carazo) con 98.5 %. No obstante, todos los resultados fueron superiores al 90 % al inicio del estudio. Los resultados de las zonas fue muy similar. El análisis de sanidad reveló que la semilla de frijol sometida a estudio posee buenas características sanitarias. Los resultados del análisis multivariado de varianza mostró que las variables vigor y germinación resultaron significativamente influenciadas por los factores productor, ambiente de almacén, envase y sus interacciones, más el efecto del factor tiempo. El 82 % de las muestras almacenadas en ambas condiciones (controladas y naturales) mantuvieron la germinación superior al 80 % hasta los nueve meses. El mejor envase para preservar la calidad de la semilla fue el silo metálico, seguido de la bolsa plástica y el saco, respectivamente.

1. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua el cultivo del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) es de mucha importancia, siendo después del maíz el primer alimento básico ya que constituye la fuente de proteínas más importante en la dieta humana. Esta especie es una de las leguminosas que produce más proteína por unidad de superficie en comparación con otros cultivos (Molina, 1992). No obstante, su producción se ve afectada por diversos factores como el ataque de enfermedades, daños causados por insectos, las deficiencias de agua y nutrientes, el uso de semilla de mala calidad y el manejo o prácticas agronómicas inadecuadas (Fornos *et al.*, 2000). Como una alternativa para ayudar a solventar la falta de semilla ha surgido la producción artesanal de este insumo. El empleo del grano para la alimentación humana constituye el uso más importante, así mismo en ciertas ocasiones dicho grano constituye la semilla para la siembra. Al respecto, el INTA (1999) reporta que en Nicaragua existen alrededor de 1500 productores artesanales de semilla, quienes generalmente almacenan el producto con altos contenidos de humedad, lo que disminuye significativamente el vigor y la germinación durante el almacenamiento.

Según Fornos (2000) existe una serie de problemas a resolver asociados al manejo y producción de semillas, siendo los más relevantes los relacionados con el secado y el almacenamiento. El mal manejo de la semilla después de la cosecha provoca el ataque de plagas, 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 este insumo, lo que implica cosechar oportunamente, secar y limpiar bien la semilla y utilizar el envase más adecuado según la zona agroecológica. La humedad relativa y la temperatura son los factores más importantes durante el almacenamiento, los que generalmente varían de una zona a otra. El contenido de humedad de la semilla 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 semilla seca, ya que esta debe conservarse con un bajo contenido de humedad y una temperatura óptima para evitar el fenómeno de calentamiento y las posibles afectaciones por el ataque de insectos y hongos para que los agricultores aumenten el rendimiento de sus cultivos (Fornos, 1998).

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).

En la lucha contra los factores bióticos y abióticos citados anteriormente, los actores involucrados en la industria de semillas recurren a diversos medios y métodos. En la gran producción de semilla existe todo un sistema organizado para garantizar la obtención de un producto de alta calidad y luego garantizar su conservación por cortos, medianos o largos períodos; mientras en la producción artesanal de este insumo (muy común en países como Nicaragua), se almacena en las condiciones propias de cada localidad donde se produce, utilizándose normalmente sacos de polipropileno trenzado, bolsas plásticas y silos metálicos, los que mantienen la calidad por períodos variables dependiendo de la calidad inicial y de la revisión constante de la semilla, así como de las condiciones ambientales del lugar.

Los pequeños y medianos productores almacenan su semilla para el siguiente ciclo, muchas veces bajo condiciones inadecuadas, por períodos que van desde uno hasta seis meses, tiempo en el cual la semilla pierde considerablemente el vigor y la capacidad de germinar. Esto sucede principalmente porque la semilla es almacenada con altos contenidos de humedad, en contenedores inadecuados para la zona, en lugares poco ventilados o accesibles al ataque de plagas o enfermedades (Fornos, 1998). Las razones expuestas conducen a investigar acerca de cuáles son los mejores envases para almacenar la semilla y las condiciones ambientales bajo las cuales el agricultor es capaz de conservar este insumo hasta antes de la siembra en las diversas zonas. De esta manera se encontraría una alternativa de almacenamiento que prolongue la vida de la semilla, y a la vez vendría a beneficiar a los pequeños y medianos productores, garantizando semilla de calidad en la próxima siembra y mejores precios en el caso de la venta de este producto.

Dada la problemática planteada sobre el almacenamiento de la semilla de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.), con el presente trabajo se propuso alcanzar los siguientes objetivos:

- 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 frijol en las condiciones de los agricultores.
- Determinar el período de almacenamiento durante el cual la semilla de frijol 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 frijol, hasta un momento en el cual no es aceptada como insumo para la siembra por su baja calidad según las Normas Específicas de Certificación de Semillas.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del ensayo

El ensayo se realizó en 12 localidades del territorio nicaragüense ubicados en los departamentos de León, Chinandega, Estelí, Madriz, Matagalpa, Jinotega, Boaco, Masaya, Carazo, Granada y R.A.A.S., en las que existen diferencias en cuanto a precipitación, humedad relativa, y temperatura, considerados estos como 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, Managua.

Tabla 1. Ubicación de los ensayos de almacenamiento de frijol

Agricultor	Ubicación de la finca	Genotipo de frijol
Lino Gómez	El Polvón, San Pedro del Norte, Chinandega	DOR – 364
Eusebio García	Comarca el Matasano, Matagalpa	DOR – 364
Armando Guerrero	Comarca Santa Rosa, Condega, Estelí	DOR – 364
Santos Chavarria Zeledón	Las Chichiguas, La Concordia, Jinotega	Estelí – 150
Edgar Huete	Comarca Santa Rosa, Somoto, Madriz	DOR – 364
Elías Pavón Pérez	Comarca Las Crucitas, Niquinohomo, Masaya	DOR – 364
René Navas Cabrera	Barrio Los Medranos, San Marcos, Carazo	DOR – 364
Alvaro Antonio Marcia	Comarca La Granadilla, Nandaime, Granada	DOR – 364
Julio Lanuza	Comarca San Nicolás, Achuapa, León	DOR – 364
Reynell Mendoza	Comarca El Espinal, Somoto, Madriz	DOR – 364
Pedro Rocha Bravo	Comarca los Rivas, Santa Lucía, Boaco	DOR – 364
Pedro A. Zeledón Aguilar*	Colonia San Juan, Nueva Guinea, R.A.A.S.	Rojo criollo

* La semilla perdió su calidad como tal antes de los tres meses

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. Esta se realizó usando semilla de frijol

de 10 agricultores que participaron en el presente estudio, midiendo el contenido de humedad de la semilla, el vigor, la germinación y el estado sanitario; es decir, la detección de insectos, hongos, y bacterias.

Los datos de las variables vigor y germinación, provenientes de un experimento bifactorial (factor A = zonas y factor B = productores dentro de las zonas) arreglados en un diseño completamente al azar, fueron sometidos a análisis de varianza. De igual manera se realizó el análisis de componentes de varianza a fin de determinar el efecto de cada uno de los factores bajo estudio sobre la respuesta de las variables antes mencionadas. El experimento se estableció en condiciones controladas con cuatro réplicas; los datos obtenidos fueron analizados utilizando el programa estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 603 (1988). Los datos de vigor fueron transformados utilizando arco seno de la raíz cuadrada de la proporción y los de germinación utilizando raíz cuadrada (Steel y Torrie, 1989)

2.2.2 Monitoreo de la calidad de la semilla durante el almacenamiento

En el estudio se evaluó la calidad de la semilla de frijol de once agricultores, tomándose la semilla de cada uno de ellos como un lote diferente. Cada lote se subdividió en dos partes, para almacenarse una en las condiciones propias de la finca del agricultor y la otra en condiciones controladas en el Programa de Recursos Genético Nicaragüenses, adscrito a la Universidad Nacional Agraria. Cada sub-lote fue dividido en tres partes y envasado en saco de polipropileno trenzado, bolsa plástica y silo metálico. De esta manera, se estudiaron tres factores (modelo trifactorial): productor, localidad y envase arreglados en un Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro réplicas de 50 semillas cada una, con el fin de evaluar el efecto del manejo de la semilla de cada productor, las condiciones de almacenamiento y el tipo de envase sobre las variables vigor y germinación de la semilla.

Una vez establecido el ensayo se procedió al muestreo en ambas condiciones (controlada y finca del agricultor) para medir las variables contenido de humedad, vigor y germinación de la semilla en cuatro momentos: muestreo inicial (0 días), a los 90 días, a los 180 días y a los 270 días. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa JMP, versión 4.05 (SAS, 2000). Los valores de vigor y germinación fueron transformados, para lo que se utilizó el arco seno de la raíz cuadrada de la proporción. Antes de la transformación, los valores extremos 0 y 100 fueron transformados como $0 = 25/n$ y $100 = 100 - (25/n)$, quedando los valores 0.5 y 99.5, respectivamente (Steell y Torrie, 1989). Los datos fueron sometidos a Análisis Multivariado de Varianza (MANOVA).

2.3 Variables sometidas a estudio

Las variables medidas en el presente estudio para evaluar la calidad inicial de la semilla, así como su comportamiento en el almacén fueron las siguientes:

2.3.1 *Contenido de humedad de la semilla*

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. Se realizaron dos réplicas de cinco onzas cada una tal como lo indica el manual del equipo, expresándose como resultado el porcentaje promedio de ambas réplicas.

2.3.2 *Vigor*

Esta variable se evaluó según la metodología de la ISTA (1996), a través del primer conteo de plántulas emergidas a los cinco días después de la siembra en una cama germinadora con arena esterilizada como sustrato. Como plántulas emergidas fueron tomadas aquellas que al momento del conteo tenían al menos los cotiledones fuera de la superficie del suelo. Para medir esta variable se aprovechó la misma siembra realizada para evaluar la capacidad de germinación; para ello se hicieron cuatro réplicas de 50 semillas cada una.

2.3.3 *Germinación*

El conteo para evaluar la capacidad de germinación fue realizado al noveno día después de la siembra de acuerdo a las normas de la ISTA (1996). La muestra de trabajo del ensayo consistió en la semilla pura separada en un previo análisis de pureza, se homogenizó bien y se tomaron al azar 200 semillas, las cuales se pusieron a germinar en cuatro repeticiones de 50 semillas cada una, en cajones de madera de 3.5 m x 2.0 m x 0.20 m, utilizando arena fina esterilizada y agua potable reposada para el riego. El resultado se expresó en porcentaje, sin incluir las plántulas anormales.

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 macén.

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. En la parte inferior tiene un orificio con tapadera para sacar el grano o la semilla. Hay silos de diferentes capacidades de almacenaje: 4, 6, 8, 12, 18 y 30 quintales (UCPCN, 1995a).

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 granos 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 (UCPCN, 1995b)

2.4.3 Sacos de polipropileno trenzado

Los sacos están hechos de yute, henequén, sisal; fibras locales o 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, 19).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Calidad inicial de la semilla

Las semillas 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 las plantas 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). Los resultados del análisis de calidad inicial de la semilla se describen a continuación.

3.1.1 *Contenido de humedad inicial 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). Según la International Seed Testing Association (ISTA) de 1996, el contenido de humedad de una muestra es la pérdida de peso cuando ésta es secada en conformidad con las Reglas Internacionales de esta organización. El resultado se expresa como el porcentaje del peso de la muestra original.

En el presente estudio el contenido de humedad promedio de la semilla de frijol fue de 13.8 %, registrándose valores mínimos y máximos de 11.8 y 16.4 %, respectivamente. Solamente el 30 % de las muestras presentaron contenidos de humedad adecuados para un almacenamiento seguro (≤ 12 %), de acuerdo a las Normas Específicas de Certificación de Semillas (MAG, 1996). Según Tapia (1987) el contenido de humedad de la semilla es importante tanto para el almacenamiento como para la siembra. Por otro lado, Lindblad y Druben (1979) mencionan que cuando la semilla se almacena húmeda, sin que el aire pase a través de ella, ésta se calentará, respirará más rápido y producirá más calor y humedad, deteriorándose más rápido. Harrington (1978) anota que aún las semillas suficientemente secas, al estar mal almacenadas, pueden alcanzar niveles peligrosos de humedad durante los periodos de tiempo húmedos.

3.1.2. Vigor inicial de la semilla

La ISTA (1995) define al vigor como la suma total de aquellas propiedades de la semilla 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. 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 adversos (Perry, 1972). El vigor de las semillas almacenadas es, generalmente, 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 poco después. Esto último sucede porque unas semillas son más vigorosas que otras (Fornos, 2000).

La variable vigor mostró diferencias estadísticas significativas debido al efecto zona y productor dentro de zona (Tabla 2). Los valores determinados entre zona oscilaron de 64.0 a 85.6 % y entre productores dentro de zona variaron entre 22.8 y 88.5 % (Tabla 3).

Tabla 2. Cuadrados medios, significancia estadística, componentes de varianza y coeficiente de variación del vigor de la semilla de frijol

Fuente de Variación	Cuadrados medios	Componentes de Varianza (%)
Zona	858.1 **	- 27.8
Productor (zona)	1987.7 **	120.2
Error	30.9	7.6
	CV (%)	7.6

CV = Coeficiente de variación. ** = significancia al 1% de probabilidad

En la Tabla 3 se observa que el frijol de la zona B – 5 (Matagalpa y Jinotega) mostró el vigor más alto con un promedio de 85.6 % y la zona B – 3 (Estelí, Nueva Segovia y Madriz) el valor más bajo con 64 %.

Respecto a los resultados de los productores dentro de zonas, en la Tabla 3 se observa que el lote de semilla perteneciente a Edgar Huete (B – 3) presentó el vigor más alto con 88.5 %, seguido de los lotes de Santos Chavarría y Eusebio García (B – 5) con 86.5 y 84.8 %, respectivamente.

Las diferencias en vigor entre las zonas y productores dentro de zonas, puede deberse a diferentes razones como el manejo agronómico, condiciones ambientales, momento de cosecha y contenido de humedad al momento de ser almacenada. El vigor de una semilla es una característica que acompaña, de manera general, en la misma proporción a la acumulación de materia seca (Moreira y Nakagawa, 1988), que es el resultado de la translocación de material fotosintetizado en parte antes y en parte después de la antesis, por eso es de esperar que las condiciones ambientales durante la producción sean importantes (Delouche, citado por Moreira y Nakagawa, 1988). Otros autores como Roberts, (citado por Gómez, 1992), afirman que los factores que afectan el vigor son la temperatura, el suministro de agua y los nutrientes. El suministro de agua, durante el desarrollo de la semilla puede influir indirectamente en el vigor por su efecto en la composición química cuantitativa de la semilla; a la vez que la temperatura influye sobre los procesos de desarrollo (Moreira y Nakagawa, 1988). Otros factores a considerar son el estadio de madurez a la recolección, el tamaño de la semilla, los daños que pueden ocurrir a la semilla durante la cosecha, el transporte, el ataque de patógenos dentro y fuera del campo y las condiciones de conservación (Gómez y Minelli, 1990).

Tabla 3. Comportamiento de las variables vigor y germinación de la semilla de frijol de diversos productores almacenada en diferentes zonas de Nicaragua

Zona	Productor	Vigor (%)		Germinación (%)	
		Productor (Zona)	Zona	Productor (Zona)	Zona
A-1	Julio Lanuza	57.5	68.2	94.0	96
	Lino Gómez	79.0		98.0	
A-2	Alvaro Marcia	82.5	76.5	97.5	95.8
	Elías Pavón	81.0		91.5	
	René Navas	66.0		98.5	
B-3	Armando Guerrero	80.8	64.0	100	95.8
	Edgar Huete	88.5		97.0	
	Reynell Mendoza	22.8		90.5	
B-5	Eusebio García	84.8	85.6	99.0	96.0
	Santos Chavarría	86.5		93.0	
LSD, $\alpha = 0.05$		7.97	7.97	4.79	ns

3.1.3 Germinación inicial de la semilla

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). En el presente estudio, los resultados del análisis de varianza para la variable en mención fueron significativos solamente entre productores dentro de zonas ($P < 0.01$). Respecto al efecto de cada uno de los componentes de varianza sobre la variabilidad

de los resultados en germinación, se puede observar en la Tabla 4 que se debió en parte al efecto de productores dentro de zona (76.2 %), aunque también se puede apreciar la relevancia debida al efecto del error (60.2 %).

Tabla 4. Cuadrados medios, significancia estadística, componentes de varianza y coeficiente de variación de la germinación de la semilla de frijol

Fuente de variación	Cuadrado Medio	Componentes de Varianza (%)
Zona	0.088 NS	- 36.4
Productor (zona)	67.888 **	76.2
Error	11.200	60.2
	CV (%)	3.5

CV: Coeficiente de variación, ** = significancia al 1% de probabilidad; NS: no significativo.

Los intervalos de los resultados de germinación fueron bastante similares, estando entre 95.8 y 96 % para las zonas y de 90.5 a 100 % entre productores dentro de zonas (Tabla 3). No se encontraron diferencias significativas entre zonas para esta variable. Se puede decir que la semilla de frijol mostró una germinación excelente en todas las zonas en estudio, con valores superiores al mínimo permitido por las Normas Específicas de Certificación de Semillas que es del 80 %.

Las diferencias en germinación de las semillas de frijol de los productores de la misma zona, se puede deber al manejo diferenciado de las semillas que realiza cada productor. Gómez y Minelli (1990) mencionan que la capacidad de germinar de una semilla está influida por muchos factores como el momento de la cosecha, el ataque de plagas y enfermedades y las condiciones de almacenamientos. FAO (1977) indica que después que la semilla alcanza su madurez fisiológica, la prolongación de la exposición en el campo causa una pérdida del poder germinativo y del vigor como consecuencia de las enfermedades y los daños ocasionados por los insectos. En algunos casos, la germinación es desigual debido a que algunas semillas son duras. Dickson, (citado por Gómez, 1992), menciona que algunos cultivares de frijol presentan semillas duras. Esta característica suele ser el principal problema de la germinación desigual mostrada por el frijol.

El alto contenido de humedad de la semilla y temperaturas demasiado elevadas después de la recolección crean un ambiente favorable para el desarrollo de los hongos (FAO, 1984), los que causan daños al embrión (Cebreros, 1983) y producen compuestos químicos llamados enzimas que detienen la germinación y el crecimiento de las semillas, disminuyendo la calidad de las mismas (Lindblad y Druben, 1979).

3.1.4 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). Las infecciones causadas por patógenos portados por las semillas en Nicaragua y donde se presentan las condiciones favorables para el desarrollo de estos patógenos producen pérdidas de hasta un 80 – 100 % (Tapia y Camacho, 1988).

La prueba de sanidad de 10 muestras de semilla de frijol permitió la identificación de cinco géneros de hongos. El género *Aspergillus* mostró los mayores niveles de infección con rango de 1 - 6.5 % y promedio de 0.8 %. La semilla de la zona B – 5 fue la que más problemas presentó con alta incidencia del mismo género (Tabla 5), coincidiendo con Ramayo (1983) quien menciona al género *Aspergillus* como el más frecuente en granos o semillas almacenadas.

Tabla 5. Datos, rango y promedio de semillas infestadas de 10 muestras de frijol de cinco zonas de Nicaragua

Productor y zona	Promedio de semillas infestadas por patógenos (%)				
	<i>Penicillium</i> spp.	<i>Aspergillus</i> spp.	<i>Fusarium</i> spp.	<i>Rhizoctonia</i> spp.	<i>Mucor</i> spp.
Julio Lanuza	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Lino Gómez	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
<i>Promedio de A-1</i>	<i>0.0</i>	<i>0.5</i>	<i>0.0</i>	<i>0.0</i>	<i>0.0</i>
Alvaro Marcia	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
Eliás Pavón	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0
René Navas	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<i>Promedio de A-2</i>	<i>0.0</i>	<i>0.0</i>	<i>0.0</i>	<i>0.3</i>	<i>0.0</i>
Armando Guerrero	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Edgar Huete	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0
Reynell Mendoza	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
<i>Promedio de B-3</i>	<i>0.0</i>	<i>0.3</i>	<i>0.3</i>	<i>0.0</i>	<i>0.0</i>
Eusebio García	1.5	0.0	0.5	0.0	0.0
Santos Chavarria	0.0	6.5	0.0	0.0	1.0
<i>Promedio de B-5</i>	<i>0.8</i>	<i>3.2</i>	<i>0.2</i>	<i>0.0</i>	<i>0.5</i>
Rango de infestación	0-1.5	1-6.5	0.5-1	0-0.5	0-1
Promedio general	0.2	0.8	0.2	0.1	0.1

Respecto a la presencia de microorganismos en la semilla almacenada, el contenido de humedad es el factor más importante, ya que niveles de humedad de 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 y López,

1976; Ramayo, 1983). Contenidos de humedad superiores a 13 %, humedad relativa superior al 70 % y temperaturas de 25 a 30° C favorecen al desarrollo de hongos de almacén (*Penicillium*, *Aspergillus*) afectando la calidad (Cebberos, 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); los géneros *Penicillium* y *Aspergillus* afectan los granos o semillas durante el almacenamiento (Ramayo, 1983, Schneider, 1995). De los hongos reportados en las Normas Específicas de Certificación de Semillas (MAG, 1996) solamente se detectó *Rhizoctonia*. El porcentaje promedio de semillas infestadas fue de 0.1 %, inferior a lo sugerido por las Normas Específicas de Certificación de Semillas (0.4 %). En general la incidencia de los hongos en la semilla de frijol fue inferior a lo reportado por Schawartz y Galvez, (1980), quienes indican que el nivel de tolerancia a la infección en condiciones tropicales es de 0.5 – 1 %. Se puede decir que la semilla de frijol producida artesanalmente es de calidad sanitaria elevada.

3.2 Monitoreo de la calidad de la semilla

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

3.2.1 Significancia estadística para la variables vigor y germinación en semilla de frijol

En la Tabla 6 se muestran los resultados obtenidos en el análisis estadístico. Se puede apreciar que las variables vigor y germinación resultaron significativamente influenciadas por los factores estudiados: productor, Ambiente, envase y sus interacciones, sumándose el efecto del factor tiempo.

Tabla 6. Significancia estadística entre y dentro de sujetos para las variables vigor y germinación, en dependencia del efecto de los factores productor, ambiente, envase y sus interacciones

	Variables	
	Vigor	Germinación
Entre sujetos		
Productor	***	***
Ambiente	***	ns
Productor*Ambiente	***	***
Envase	*	***
Envase*Productor	***	***
Envase*Ambiente	*	*
Productor* Ambiente *Envase	***	***
Dentro de sujetos		
Tiempo	***	***
T*Productor	***	***
T* Ambiente	***	*
T*Productor* Ambiente	***	***
T*Envase	*	***
T*Envase*Productor	***	***
T*Envase* Ambiente	**	*
T*Productor* Ambiente *Envase	***	***

T: tiempo. P-valores: *: 0.01-0.05; **: 0.01-0.001; ***: <0.001; ns: no significativo.

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

El potencial de almacenamiento de la semilla se puede evaluar a través del almacenamiento de la semilla por largos períodos en condiciones naturales o artificiales, o a través de sometimientos de la semilla por cortos períodos de tiempos a condiciones de envejecimientos acelerados. La calidad de la semilla almacenada puede ser medida utilizando la prueba de viabilidad o las pruebas de vigor (Moreira y Nakagawa, 1988). En el presente estudio fue utilizado el vigor, evaluado a través del primer conteo de plántulas emergidas, cuya manifestación se ve afectada por diversos factores. En este caso interactuaron el manejo que realizó el productor durante la fase de campo del cultivo y el efecto de las condiciones ambientales en el almacén de la semilla. El análisis estadístico de esta interacción mostró diferencias estadísticas altamente significativas con $P \leq 0.001$ (Tabla 6), debido probablemente, al manejo diferenciado que cada productor da al cultivo y a las condiciones climáticas prevaleciente en cada ambiente de almacén.

La mejor combinación entre productores y ambiente de almacén resultó con las semillas de Edgar Huete y Santos Chavarría, cuya semilla presentó el mayor vigor inicial con 89 % para el

primero y 86.7 % para el segundo; así como los valores más altos después de 270 días de almacenamiento con 93.7 y 87.5 % y, 85.9 y 83.0 % para condiciones naturales y controladas, respectivamente (Tabla 7). En la misma tabla se observa que la semilla de los productores Alvaro Marcia y René Navas es la que menor vigor mostró luego de los 270 días en el almacén.

Tabla 7. Cambios en el porcentaje de vigor de la semilla de frijol producida por diferentes productores y almacenada en distintos ambientes

Productor	Ambiente	Muestreo		
		0 días	180 días	270 días
Alvaro Marcia	Natural	82.6	67.0	27.6
	Controlado	82.6	71.9	32.3
Armando Guerrero	Natural	80.8	85.0	80.5
	Controlado	80.8	77.5	44.3
Edgar Huete	Natural	89.0	89.0	93.7
	Controlado	89.0	93.4	87.5
Elías Pavón	Natural	81.6	66.1	47.7
	Controlado	81.6	72.0	39.3
Eusebio García	Natural	84.8	68.0	48.7
	Controlado	84.8	59.5	20.7
Julio Lanuza	Natural	58.1	85.6	89.1
	Controlado	58.1	75.0	52.4
Lino Gómez	Natural	79.0	64.5	53.5
	Controlado	79.0	45.7	12.5
Pedro Rocha	Natural	88.0	81.1	65.3
	Controlado	88.0	61.1	45.9
René Navas	Natural	67.1	75.1	38.8
	Controlado	67.1	40.0	23.2
Reynell Mendoza	Natural	46.7	71.6	77.3
	Controlado	46.7	61.2	78.1
Santos Cavaría	Natural	86.7	83.0	85.9
	Controlado	86.7	83.7	83.0

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

La interacción del envase y el productor ejerce un efecto combinado sobre la capacidad de almacenamiento de la semilla, interactuando el tipo de manejo del cultivo y la capacidad del envase para evitar el intercambio gaseoso de la semilla con el medio ambiente durante el almacenamiento. En la Tabla 6 se observa diferencia altamente significativa ($P \leq 0.001$) para esta interacción y en la Tabla 8 se presenta los valores obtenidos para el vigor de la semilla de cada productor en cada uno de los envases. La semilla perteneciente a los productores Edgar Huete y Santos Chavarría fue la que mejor comportamiento mostró en cada tipo de envase,

mostrando valores de 89.0 y 87.3 %, 91.0 y 80.5 %, 91.8 y 85.7 % para silo metálico, bolsa plástica y saco, respectivamente.

Tabla 8. Cambios en el porcentaje de vigor de la semilla de frijol producida por diferentes productores y envasadas en distintos empaques

Envase	Productor	Muestreo		
		0 días	180 días	270 días
Bolsa plástica	Alvaro Marcia	82.5	56.2	13.5
	Armando Guerrero	80.8	85.3	54.0
	Edgar Huete	88.5	90.8	89.0
	Elías Pavón	81.0	78.5	57.0
	Eusebio García	84.8	54.8	29.5
	Julio Lanuza	57.5	83.3	68.0
	Lino Gómez	79.0	58.8	37.5
	Pedro Rocha	87.5	71.3	59.8
	René Navas	66.0	55.5	34.0
	Reynell Mendoza	45.5	55.8	74.5
Santos Chavarria	86.5	76.8	87.3	
Silo metálico	Alvaro Marcia	82.5	74.8	55.3
	Armando Guerrero	80.8	74.8	63.3
	Edgar Huete	88.5	89.3	91.0
	Elías Pavón	81.0	78.0	55.8
	Eusebio García	84.8	61.8	33.5
	Julio Lanuza	57.5	77.0	68.8
	Lino Gómez	79.0	53.3	30.8
	Pedro Rocha	87.5	72.3	53.8
	René Navas	66.0	53.0	27.3
	Reynell Mendoza	45.5	73.3	80.8
Santos Chavarria	86.5	86.3	80.5	
Saco	Alvaro Marcia	82.4	76.8	21.1
	Armando Guerrero	80.6	83.3	70.0
	Edgar Huete	88.8	93.6	91.8
	Elías Pavón	80.4	50.5	17.4
	Eusebio García	84.8	74.8	41.0
	Julio Lanuza	57.9	80.5	75.5
	Lino Gómez	79.0	53.3	30.8
	Pedro Rocha	87.8	69.3	53.3
	René Navas	66.7	64.1	31.8
	Reynell Mendoza	46.3	70.3	77.9
Santos Chavarria	86.3	87.0	85.7	

Las diferencias encontradas pueden deberse a diferentes razones como el manejo agronómico, factores climáticos, momento de cosecha y contenido de humedad de la semilla al momento de ser almacenada. Según Delouche, citado por Moreira y Nakagawa (1988), si se considera que las reservas acumuladas en las semillas son resultado de la translocación del material

fotosintetizado en parte antes y en parte después de la anthesis, es de esperar que las condiciones ambientales durante la producción sean de suma importancia. De esta manera, el vigor de la semilla es afectado por las condiciones ambientales aún antes de su formación, ya que las condiciones de clima que afectan el desarrollo de la planta y la floración podrían manifestarse sobre el vigor de las futuras semillas, las que una vez almacenadas se verán afectadas por el intercambio gaseoso que pueda permitir el envase con el medio ambiente.

3.2.4 Comportamiento del vigor 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 9 se aprecia que el vigor fue mejor conservado por el silo metálico y la bolsa plástica en el ambiente natural de almacenamiento, con valores de 69.2 y 63.9 %, respectivamente, luego de 270 días de almacenamiento.

El análisis estadístico para esta interacción mostró diferencias significativas con $P \leq 0.05$ (Tabla 6). 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 ambas localidades se deben posiblemente a las diferencias existentes respecto a los factores humedad y temperatura.

Tabla 9. Cambios en el porcentaje de vigor de la semilla de frijol envasada en diferentes empaques y almacenada en condiciones naturales y controladas

Envase	Ambiente	Muestreo		
		0 días	180 días	270 días
Bolsa Plástica	Natural	76.3	71.6	63.9
	Controlado	76.3	68.0	45.9
Silo Metálico	Natural	76.3	77.4	69.2
	Controlado	76.3	67.0	47.3
Saco	Natural	77.0	79.0	60.0
	Controlado	76.0	67.2	48.4

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

Según el ISTA (1996), la germinación de la semilla en una prueba de laboratorio es la emergencia y desarrollo de la plántula 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.

En el análisis estadístico de la interacción productor y ambiente de almacén (Tabla 6) se encontró diferencias estadísticas altamente significativas ($P \leq 0.001$). En la Tabla 10 se presenta los promedios de la germinación obtenida hasta los 270 días de almacenamiento. La mayor parte de la semilla mostró valores superiores al 80 %, el mínimo establecido por las Normas Específicas de Certificación de Semillas. La germinación más baja se obtuvo con la semilla de los productores Alvaro Marcia y Elías Pavón en condiciones naturales, con 54.6 y 57.1 %, respectivamente.

De acuerdo a Gómez y Fornos (2000), para obtener semilla de alta calidad deben considerarse varios aspectos como el clima, ocurrencia de enfermedades y plagas, suelos, tipos de malezas, densidades poblacionales, aislamiento y momento de cosecha, para obtener finalmente un producto de calidad. De no considerarse estos elementos, se puede obtener semilla de calidad no seseada, lo que se manifiesta principalmente en baja o alta germinación dependiendo de la misma calidad. Esto se explica por las diferencias existentes entre los factores mencionados anteriormente, los que al final definen la calidad inicial de las semilla, la que a la vez es muy importante para la capacidad de almacenamiento de la semilla. Estas condiciones diferentes combinadas con el ambiente de almacén dan como resultado las diferencias en cuanto a la germinación al final del período de almacenamiento.

Tabla 10. Cambios en el porcentaje de germinación de la semilla de frijol producida por diferentes productores y almacenada en distintos ambientes

Productor	Ambiente	Muestreo		
		0 días	180 días	270 días
Álvaro Marcia	Natural	97.2	88.3	54.6
	Controlado	97.7	94.3	81.8
Armando Guerrero	Natural	100	93.2	91.5
	Controlado	100	96.7	90.2
Edgar Huete	Natural	97.1	91.7	94.3
	Controlado	96.9	95.0	95.3
Eliás Pavón	Natural	91.2	79.8	57.1
	Controlado	91.7	90.0	80.9
Eusebio García	Natural	99.0	91.2	86.3
	Controlado	99.0	90.3	77.3
Julio Lanuza	Natural	94.9	91.4	96.2
	Controlado	93.5	91.9	88.4
Lino Gómez	Natural	98.0	89.5	86.3
	Controlado	98.0	93.5	65.3
Pedro Rocha	Natural	99.1	97.7	92.9
	Controlado	98.9	92.0	90.2
René Navas	Natural	98.6	92.2	84.4
	Controlado	98.5	89.1	82.2
Reynell Mendoza	Natural	91.4	90.6	93.9
	Controlado	89.9	95.5	94.5
Santos Chavarría	Natural	92.4	91.3	90.2
	Controlado	93.3	89.9	86.5

3.2.6 *comportamiento de la germinación en dependencia del envase y el productor*

La interacción envase x productor resultó altamente significativa ($P \leq 0.001$, Tabla 6), debido probablemente a los diferentes grados de calidad inicial entre los diferentes lotes de semilla, producto del manejo y condiciones diferentes en las que se produjo cada uno de ellos, situación a la que se suman las características de cada envase en cuanto al intercambio gaseoso. En la Tabla 11 se observa el comportamiento de la germinación de la semilla de cada productor en cada uno de los envases. El silo metálico fue el envase que mejor preservó la germinación hasta los 270 días, ya que toda la semilla logró alcanzar más del 80 %, que es el mínimo establecido por las Normas Específicas de Certificación de Semillas. La semilla almacenada en bolsa plástica tuvo un comportamiento similar, a excepción de la de Álvaro Marcia, la que germinó en un 47 % a los 270 días. La semilla envasada en saco fue la que presentó la germinación más baja, debido a que este es el envase que más permitió el intercambio gaseoso de la semilla con el medio ambiente. En este caso la semilla está expuesta a las fluctuaciones bruscas de la humedad relativa, la que ligada a las temperaturas relativamente altas acelera el deterioro de la semilla, debido principalmente, a la respiración.

Según Moreira y Nakagawa (1988), las condiciones climáticas de una región son un factor decisivo en la elección del tipo de envase a utilizar. Los mismos autores citan un trabajo de Harrington (1963), donde las altas temperaturas y humedad relativa no permitieron que semillas de cebolla sobrevivieran más de seis meses, tanto en envases herméticos como porosos, ya que en ambos casos el contenido de humedad de la semilla era elevado, lo que aumentó la respiración y aceleró el deterioro de la misma.

Tabla 11. Cambios en el porcentaje de germinación de la semilla de frijol producida por diferentes productores y envasada en distintos empaques

Envase	Productor	Muestreo		
		0 días	180 días	270 días
Bolsa plástica	Alvaro Marcia	97.5	90.5	47.0
	Armando Guerrero	100	95.5	89.8
	Edgar Huete	97.0	94.8	94.3
	Elías Pavón	91.5	92.8	84.8
	Eusebio García	99.0	92.0	80.3
	Julio Lanuza	94.0	92.8	90.5
	Lino Gómez	98.0	89.3	78.5
	Pedro Rocha	99.0	94.3	91.8
	René Navas	98.5	91.0	87.5
	Reynell Mendoza	90.5	94.5	91.3
Santos Chavarría	93.0	88.3	90.8	
Silo metálico	Alvaro Marcia	97.5	92.3	95.5
	Armando Guerrero	100	94.0	92.3
	Edgar Huete	97.0	91.3	95.0
	Elías Pavón	91.5	91.3	87.0
	Eusebio García	99.0	91.0	83.8
	Julio Lanuza	94.0	92.3	92.5
	Lino Gómez	98.0	89.3	93.3
	Pedro Rocha	99.0	95.5	91.5
	René Navas	98.5	87.3	85.0
	Reynell Mendoza	90.5	93.0	95.0
Santos Chavarría	93.0	91.3	84.7	
Saco	Alvaro Marcia	97.3	91.0	62.1
	Armando Guerrero	100	95.3	90.5
	Edgar Huete	97.0	94.1	95.2
	Elías Pavón	91.5	70.8	35.1
	Eusebio García	99.0	89.3	81.5
	Julio Lanuza	94.5	89.9	93.9
	Lino Gómez	98.0	92.0	71.5
	Pedro Rocha	99.1	94.8	91.5
	René Navas	98.5	93.6	77.3
	Reynell Mendoza	91.1	91.5	96.5
Santos Chavarría	92.7	90.8	89.5	

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

En la Tabla 6 se puede observar que el análisis estadístico del efecto combinado envase y ambiente de almacenamiento resultó con diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$). En la Tabla 12 se muestra que el silo metálico en condiciones naturales fue donde mejor se preservó la germinación de la semilla, siguiéndole el mismo envase en condiciones controladas. La bolsa plástica en ambas condiciones resultó como la segunda mejor opción. La combinación saco y ambiente fue la menos capaz de preservar la capacidad de germinación de la semilla hasta los 270 días de almacenamiento; sin embargo, a excepción de la semilla almacenada en saco en las condiciones naturales, todas las demás lograron alcanzar valores superiores al 80 %.

Según Moreira y Nakagawa (1988), las características del ambiente del almacén son determinantes en la conservación de la calidad de las semillas, interactuando con ellos las características del producto a almacenarse, así como el tipo de envase utilizado para empacar la semilla. La humedad relativa del ambiente o el contenido de humedad de la semilla es el factor más importante, siguiéndole en orden la temperatura; sin embargo, el primero de ellos está estrechamente relacionado con la permeabilidad del envase. Al respecto, Gómez (1990) afirma que los factores físicos durante el almacenamiento, sumados al tipo de envase, juegan un papel determinante en el mantenimiento de la viabilidad y, que las semillas se preservan mejor cuanto menores sean los valores de los factores físicos.

Tabla 12. Cambios en el porcentaje de germinación de la semilla de frijol envasada en diferentes empaques y almacenada en condiciones naturales y controladas

Envase	Ambiente	Muestreo		
		0 días	180 días	270 días
Bolsa Plástica	Natural	96.2	91.6	84.4
	Controlado	96.2	93.0	84.0
Silo Metálico	Natural	96.2	91.5	90.9
	Controlado	96.2	92.6	87.3
Saco	Natural	96.2	88.8	77.8
	Controlado	96.2	91.7	83.0

4. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye lo siguiente:

El contenido de humedad inicial de la semilla de frijol fue de 13.8 %, registrándose valores mínimo y máximo de 11.8 % y 16.4 %, respectivamente; el 30 % de las muestras presentaron contenido de humedad adecuado para un almacenamiento seguro (≤ 12 %).

Los resultados del análisis de calidad inicial de la semilla mostraron que los productores artesanales de semilla están obteniendo un producto de alta calidad fisiológica y sanitaria, evaluada a través de las pruebas de vigor, germinación y sanidad de la semilla.

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas para los efectos de zona y productores dentro de zona para la variable vigor, debido probablemente a las condiciones edafoclimáticas diferentes en cada una de las zonas agroecológicas y al manejo que cada productor le da al cultivo, lo que incide directamente en la calidad inicial de la semilla y en la capacidad de almacenamiento.

Para la variable germinación, solamente el efecto productores dentro de zona resultó altamente significativo.

Según los resultados del Análisis Multivariado de Varianza, las variables vigor y germinación fueron significativamente influenciadas por los factores productor, ambiente de almacén, envase y sus interacciones, más el efecto del factor tiempo.

Ambas condiciones de almacenamiento mantuvieron, de manera general, una elevada calidad fisiológica de la semilla a lo largo de 270 días, ya que en ambos casos el 82 % de las muestras resultaron con una germinación superior al 80 % al final del período de almacenamiento.

El silo metálico y la bolsa plástica resultaron en la mejor opción para mantener por un período mayor a los 270 días la calidad de la semilla.

5. RECOMENDACIONES

Secar la semilla de frijol hasta el 12 % de humedad para posteriormente almacenarla en silo metálico.

Secar adecuadamente la semilla sin exposición de esta a altas temperaturas bajo los rayos directos del sol entre 11:00 a.m. y 2:00 p.m. o en superficies que se calienten fácilmente para no dañar al embrión.

Brindar capacitación técnica a los productores sobre cosecha y postcosecha de semillas de granos básicos para evitar daño a la calidad de la semilla.

Revisión frecuente de la semilla una vez que está almacenada para detectar presencia de insectos o masas de semillas humedad.

6. BIBLIOGRAFIA

- 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.
- Fornos R., M. 2000. Análisis de calidad de la semilla de maíz. Curso sobre manejo postcosecha de la semilla de maíz. Proyecto Semillas de Esperanza – Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Managua. 7 pág.
- Fornos R., M. 1998. El almacenamiento de las semillas. VII Unidad de la asignatura Producción y Tecnología de Semillas en la Universidad Nacional Agraria. Departamento de Producción Vegetal. Managua. 16 pág.
- Fornos Reyes, M.; O. Gómez Gutiérrez, V. Marín Fernández y J. Avelares Santos. 2000. Aspectos Generales a considerar para producir semilla. Taller de capacitación para productores artesanales de semillas del INTA. UNA – INTA /FAITAN. Managua. 9 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 Gutiérrez, O. J. y Fornos Reyes, D. M. 2000. Manejo agronómico de la producción de semillas. Curso de postgrado en producción y tecnología de semilla. Universidad Nacional Agraria. Proyecto de mejoramiento de semillas (PROMESA). Managua, Nicaragua. 40 pág.
- Gómez Gutiérrez, O. J y Minelli, M. 1990. La producción de semillas. Texto Básico para el desarrollo del curso de producción de semillas en la Universidad de Nicaragua. Imprenta UCA. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias, Managua. 210 pág.
- González. U. 1995. El maíz y su conservación. México. Trillas. 399 pág.

- Harrington, J. E. 1978. Seed storage and packing. Applications for India. National Seed Corporation, Hd. Nueva Delhi, India. 18 pág.
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA). 1999. Determinación del tiempo permisible de conservación de semillas de granos básicos bajo diferentes condiciones de almacenamiento. Términos de referencia. *En*: Contrato de Servicios de Consultoría. Remuneración mediante pago de una suma global. N° de Contrato INTA/UNA. Managua. 10 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.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. International Rules for Seed Testing. Rules 1996. Seed Sci. & Technol., 24, Supplement. Roma. 335 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.
- 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.
- 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). 1984. Informe de la FAO sobre semillas. 1979 – 1980. Editores: W. P. Feistritzer, G. E. Delhove, E. Sgaravatti, K. R. Chopra, C. H. Rosell y L. Martínez-Vasallo. Roma. 259 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.
- Perry, D. A. 1972. Seed vigor and field establishment. Hort. Abstracts. 42: 334-342.
- Ramayo R., L. F. 1983. Tecnología de granos. Universidad Autónoma Chapingo (México). 212 pág.
- Schawartz H., F. y Galvez G., E. 1980. Problemas de producción de frijol, enfermedades, insectos, limitaciones edáficas y climáticas de *Phaseolus vulgaris* L. CIAT. Colombia. Traducido por Jorge Victoria. 423 pág.
- Schneider, K. 1995. Hongos. Programa Regional Postcosecha. COSUDE/UCPCN. Nicaragua. 12 pág.
- Steel, D. R. G y Torrie, J. H. 1989. Bioestadística; Principios y procedimientos. Segunda edición (1ra en español) traducido por Ricardo Martínez B. México. 622 pág.

- Tapia B., H. 1987. Etapas de desarrollo de la planta, madurez y germinación. Managua. Pág. 68 – 81.
- Tapia B., H. y Camacho H., A. 1988. Manejo Integrado de la producción de frijol basada en labranza cero, Managua. 181 pág
- Unidad Coordinadora Postcosecha de Nicaragua (UCPCN). S.F. Factores físicos que afectan al grano almacenado. Su importancia y efectos. Managua. 10 pág.
- Unidad Coordinadora Postcosecha de Nicaragua (UCPCN). 1995a. Silo metálico. Manejo de los granos almacenados. Managua. 10 pág.
- Unidad Coordinadora Postcosecha de Nicaragua (UCPCN). 1995b. La bolsa plástica. Manejo de la fumigación. Managua. 10 pág.

ANEXOS

Anexo 1. Promedio general del contenido de humedad en semillas de frijol de 11 productores de diferentes zonas de Nicaragua

Productor	Muestreos		
	0 días	180 días	270 días
Lino Gómez	13.8	14.5	13.7
Eusebio García	15.4	16.2	14.8
Armando Guerrero	18.0	15.8	15.0
Santos Chavarría	15.6	14.6	13.6
Edgar Huete	12.1	13.5	13.4
Elías Pavón Pérez	14.5	16.0	15.4
René Navas Cabrera	14.8	15.9	14.6
Alvaro Marcia	14.1	16.7	14.9
Julio Lanuza	12.1	14.0	12.8
Reynell Mendoza	11.9	13.6	12.8
Pedro Rocha	12.0	12.4	12.5

Anexo 2. Promedio general del contenido de humedad en semillas de frijol de 11 productores almacenada en condiciones naturales y en condiciones controladas

Ambiente de almacén	Muestreos		
	0 días	180 días	270 días
Condiciones naturales	14.1	14.0	14.0
Condición controlada	14.1	15.5	13.7

Anexo 3. Promedio general del contenido de humedad en semillas de frijol de 11 productores almacenada en diferentes tipos de envases

Envase	Muestreos		
	0 días	180 días	270 días
Silo metálico	14.1	14.0	13.9
Bolsa Plástica	14.1	15.0	13.8
Saco de polipropileno trenzado	14.1	16.0	13.9