

# **Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla de maíz y frijol en Zamorano**

**Denis Mauricio Puerto Caballero**

**ZAMORANO**  
Departamento de Agronomía

Diciembre, 1999

# **Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla de maíz y frijol en Zamorano**

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

Presentado por

**Denis Mauricio Puerto Caballero**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 1999

El autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Denis Mauricio Puerto Caballero

Zamorano, Honduras  
Diciembre, 1999

# **Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla de maíz y frijol en Zamorano**

presentado por

Denis Mauricio Puerto Caballero

Aprobada:

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Asesor Principal

---

Juan Carlos Rosas, Ph.D.  
Jefe de Departamento

---

Edward Moncada, Ing. Agr.  
Asesor

---

Antonio Flores, Ph.D.  
Decano Académico

---

David Moreira, M.B.A.  
Asesor

---

Keith Andrews, Ph.D.  
Director General

---

Rogelio Trabanino, M.Sc.  
Asesor

---

Ana Margoth Andrews, Ph.D.  
Coordinador PIA

## **DEDICATORIA**

A Dios nuestro padre y María la madre de Jesús, nuestro salvador.

A Roger y Alba mis queridos padres por ser mis maestros de la vida.

A Roger y Juan Carlos mis adorados hermanos del alma.

A Carlos Mauricio y Roger Mauricio mis sobrinos, los cuales son mi tesoro.

A mi abuelita Haydee y por la memoria de mis demás abuelos que descansen en paz.

A las familias Puerto y Caballero por todo su apoyo.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios Todopoderoso por guiarme en los momentos difíciles durante la elaboración de este trabajo.

A todas las personas que me apoyaron para realizar de la mejor manera este trabajo, especialmente al Comité de Asesores.

A mis padres por tener tanta confianza en mí y proyectarme ese espíritu de fuerza para que pudiera salir adelante en mis estudios, gracias por esos consejos tan sabios que han sabido expresar y desarrollar para que mi vida mejore en todos los aspectos.

A mis hermanos, mis sobrinos y familia en general por motivarme a desarrollar de la mejor manera este trabajo.

Al Dr. Raúl Espinal por tener esa confianza en mí, por todo su tiempo invertido en este estudio, además, por sus consejos que hicieron posible este trabajo.

Al Ing. Edward Moncada por su comprensión y estar siempre pendiente de la realización del trabajo.

A los Ing. Moreira y Ing. Trabanino por su apoyo durante cada etapa del trabajo.

A Camilo Valerio del Laboratorio de Semillas por todo ese tiempo que estuvo ayudándome y dándome sugerencias en las pruebas de laboratorio, y a Isbela la secretaria de la Unidad Empresarial de Cultivos Extensivos (UECE) por su amistad y colaboración.

A David, Henry Morga, Polo que siempre estuvieron colaborando en la Planta de Acondicionamiento de Semillas.

A mi eternos amigos Hugo Moreno, Félix, Allan, Euro, Dennis, Marielena, Guadalupe y muchos que quedan sin mencionar, que hicieron la estadía en Zamorano más fácil y divertida.

A todos les agradezco mucho.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

Agradezco al Departamento de Agronomía por brindarme financiamiento parcial para continuar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

Agradezco a la Secretaria de Agricultura y Ganadería de Honduras por contribuir con parte del financiamiento para continuar mis estudios en el Programa de Ingeniería Agronómica.

Agradezco a la Unidad Empresarial de Cultivos Extensivos (UECE) por brindarme su colaboración para llevar a cabo este estudio.

Agradezco a la Corporación Suiza para el Desarrollo (COSUDE) por el financiamiento total de mis estudios en el Programa Agrónomo.

## RESUMEN

PUERTO, D. 1999. Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla de maíz y frijol en Zamorano. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 33 p.

La producción de semilla requiere de prácticas que conduzcan a obtener un producto de alta calidad; por lo tanto, los productores deben cumplir con ciertas normas de calidad tanto en la fase de producción como en la post-producción para evitar sanciones o descartes de lotes destinados para semilla por parte de los organismos certificadores. En la producción de semilla en Zamorano se presentan problemas de calidad en la semilla (germinación y vigor) debido principalmente al ataque de hongos de campo y otros factores biológicos y ambientales después de la madurez fisiológica. El objetivo del estudio fue evaluar los factores de manejo que afectan la calidad fisiológica de la semilla de frijol desde su madurez fisiológica hasta el almacenamiento en la planta de acondicionamiento, y de la semilla de maíz desde el recibo hasta el desgrane. El estudio se realizó en los lotes de producción de Santa Inés, Terraza #1 (8.92 ha) y en Colindres, Terraza #1 (4.2 ha), destinados para la producción de semilla de frijol. En el maíz el estudio se realizó con dos lotes de semilla comprado a un productor particular, procedente de Cantarranas, Francisco Morazán, Honduras. En el cultivo de frijol se evaluó la calidad a madurez fisiológica (MF), 3, 7, 10 y 14 días después de MF, cosecha, desgrane, aireación, secado, acondicionamiento y almacenamiento. En el maíz se evaluó la calidad fisiológica al recibo, secado y desgrane. El diseño experimental utilizado fue un diseño completamente al azar (DCA) con medidas repetidas a través del tiempo. Los resultados del estudio indicaron que las mayores reducciones en germinación y vigor en la semilla de frijol se presentaron a partir del 14 día después de MF y en la fase de desgrane. En la fase de acondicionamiento se incremento la calidad de los lotes de semilla de frijol. En el maíz, la germinación y el vigor disminuyeron durante la etapa de secado.

**Palabras claves:** Acondicionamiento, almacenamiento, contenido de humedad germinación, madurez fisiológica, vigor.

## Nota de Prensa

### **UN BUEN MANEJO POST-PRODUCCION ES DETERMINANTE PARA GARANTIZAR LA CALIDAD DE LA SEMILLA**

Recientemente se realizó un estudio sobre la calidad de la semilla de maíz y frijol en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras.

El uso de semilla de alta calidad es uno de los factores claves para los productores de granos básicos. Por esta razón existen empresas dedicadas a la producción de semilla certificada para ofrecerle a los productores de granos básicos una semilla de excelente calidad. La calidad de estos productos es regulada y supervisada por la Oficina de Certificación de Semillas de la Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG) de Honduras.

La calidad de la semilla está determinada por la pureza, la germinación y el vigor. El manejo que se realice durante la fase de producción (que inicia desde la preparación del terreno hasta la madurez fisiológica) y durante la fase post-producción (que inicia desde madurez fisiológica hasta la comercialización de la semilla), afecta significativamente la calidad de la semilla.

El estudio se realizó desde enero hasta octubre de 1999 con el objetivo de evaluar los factores de manejo que afectan la calidad de la semilla de maíz y frijol. Para el frijol se hizo un ensayo en dos lotes (Santa Inés y Colindres) destinados para la producción de semilla. Se midió el contenido de humedad, el porcentaje de germinación y de vigor desde la madurez fisiológica hasta el almacenamiento.

La semilla de maíz fue comprada por Zamorano a un productor particular, proveniente del municipio de Cantaranas, El Paraíso, Honduras. A esta semilla se le midió el contenido de humedad, el porcentaje de germinación y de vigor desde el recibo hasta el desgrane en la planta de acondicionamiento de semillas de Zamorano.

Los resultados demostraron que el contenido de humedad de la semilla, la germinación y el vigor fueron mayores durante la etapa de madurez fisiológica. El contenido de humedad de la semilla disminuyó a 12% en la etapa de secado. El acondicionamiento de la semilla es determinante para mejorar la calidad de la semilla. Esta actividad consiste en la limpieza de la semilla, eliminación de materias extrañas como pedazos de hojas, tallos y también la eliminación de semillas pequeñas, semillas de bajo peso y semillas muertas.

## CONTENIDO

Portadilla.....	i	
Autoría.....	ii	
.....		
Páginas de firmas.....	iii	
Dedicatoria.....	iv	
Agradecimiento.....	v	
Agradecimiento a patrocinadores.....	vi	
Resumen.....	vii	
Nota de prensa.....	viii	
Contenido.....	ix	
Indice de Cuadros.....	xi	
Indice de Anexos.....	xii	
<b>1</b>	<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1	DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2	ANTECEDENTES.....	1
1.3	LÍMITANTES DEL ESTUDIO.....	2
1.4	OBJETIVOS.....	2
1.4.1	Objetivo general.....	2
1.4.2	Objetivos específicos.....	2
<b>2</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>3</b>
2.1	IMPORTANCIA DE LA SEMILLA.....	3
2.1.1	Desarrollo, formación y maduración.....	3
2.1.2	Componentes estructurales.....	4
2.1.2.1	Semilla de maíz.....	5
2.1.2.2	Semilla de frijol.....	5
2.1.3	Germinación.....	6
2.1.4	Deterioro.....	6
2.1.4.1	Síntomas.....	7
2.1.4.2	Causas del deterioro.....	9
2.1.4.3	Cambios que ocurren durante el deterioro.....	10
2.2	COMPONENTES DE LA FASE POST-PRODUCCIÓN.....	10
2.2.1	Madurez fisiológica.....	10
2.2.2	Cosecha.....	10

2.2.3	Desgrane.....	11
2.2.4	Aireación.....	11
2.2.5	Secado.....	11
2.2.6	Acondicionamiento.....	12
2.2.6.1	Limpieza.....	12
2.2.6.2	Clasificación.....	13
2.2.6.3	Tratamiento de la semilla.....	13
2.2.6.4	Embolsado.....	14
2.2.7	Almacenamiento.....	14
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y METODOS.....</b>	<b>15</b>
3.1	LOCALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	15
3.2	MANEJO DEL LOTE DE FRIJOL EN EL CAMPO.....	15
3.3	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	15
3.4	MANEJO DE LOS LOTES EN LA PLANTA DE ACONDICIONAMIENTO.....	16
3.5	ANALISIS DE LABORATORIO.....	16
3.5.1	Preparación de la muestra.....	16
3.5.2	Determinación del porcentaje de humedad de la semilla.....	17
3.5.3	Análisis de germinación.....	17
3.5.3.1	Plántulas normales.....	17
3.5.3.2	Plántulas anormales.....	17
3.5.3.3	Semillas muertas.....	18
3.5.4	Análisis de vigor.....	18
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>19</b>
4.1	CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL FRIJOL.....	19
4.2	GERMINACIÓN EN EL FRIJOL.....	20
4.3	VIGOR EN EL FRIJOL.....	22
4.5	CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL MAIZ.....	23
4.6	GERMINACION EN EL MAIZ.....	24
4.7	VIGOR EN EL MAIZ.....	24
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>28</b>
<b>8</b>	<b>ANEXOS.....</b>	<b>30</b>

## INDICE DE CUADROS

### Cuadro

1.	Variaciones en el contenido de humedad en la fase post-producción de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999.....	19
2.	Variaciones en el contenido de humedad desde la cosecha hasta el almacenamiento de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999.....	20
3.	Porcentaje de germinación durante la fase post-producción de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999.....	21
4.	Porcentaje de germinación durante la cosecha hasta el almacenamiento de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999.....	21
5.	Porcentaje de vigor durante la fase post-producción de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999.....	22
6.	Porcentaje de vigor durante la cosecha hasta el almacenamiento de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999.....	23
7.	Contenido de humedad durante la fase post-producción de la semilla de maíz proveniente de dos lotes de un productor independiente de Cantarranas, Francisco Morazán, Honduras, 1999.....	23
8.	Porcentaje de germinación durante la fase post-producción de la semilla de maíz proveniente de dos lotes de un productor independiente de Cantarranas, Francisco Morazán, Honduras, 1999.	24
9.	Porcentaje de vigor durante la fase post-producción de la semilla de maíz proveniente de dos lotes de un productor independiente de Cantarranas, Francisco Morazán, Honduras, 1999.....	25

## INDICE DE ANEXOS

### Anexo

1.	Requisitos mínimos de control de calidad en semilla certificada y comercial en Honduras.....	30
2.	Análisis de varianza (ANDEVA) del porcentaje de humedad, germinación y vigor en la semilla de frijol y maíz realizado en Zamorano, Honduras, 1999.....	30
3.	Características generales del frijol Tio Canela-75.....	31
4.	Temperatura promedio (°C) y humedad relativa (%) en Zamorano durante el desarrollo del estudio 1999.....	31
5.	Precipitación (mm) de Santa Inés y Colindres durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre de 1999, Zamorano, Honduras.....	32
6.	Contenido mínimo de humedad para la proliferación de hongos principales de almacén.....	33
7.	Tiempo máximo (días) de almacenamiento de maíz desgranado a diferentes contenidos de humedad del maíz y temperaturas del aire....	33
8.	Contenido de humedad de equilibrio del maíz.....	33

# **1. INTRODUCCIÓN**

La producción de semilla requiere de prácticas y manejos especializados para obtener un producto de alta calidad. Una de las etapas críticas es la cosecha de la semilla. La época en que se lleve a cabo la cosecha tendrá una influencia significativa en la calidad fisiológica de la semilla obtenida. Es importante cosechar al menor tiempo posible después de la madurez fisiológica. Una demora en el tiempo óptimo de cosecha contribuirá considerablemente al deterioro en la calidad del producto. Además, a partir de la madurez fisiológica existen una serie de factores bióticos (insectos, hongos y roedores) y abióticos (temperatura y humedad relativa) que afectan la calidad de la semilla que llegará a las plantas de acondicionamiento.

En general, la calidad fisiológica de la semilla está determinada por la capacidad de germinación y de vigor. Bajo condiciones apropiadas, estas características garantizan al productor un comienzo favorable del cultivo.

## **1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA**

Los productores de semilla deben cumplir con ciertas normas de calidad para evitar sanciones o descartes de lotes destinados para semilla por parte de los organismos certificadores. Muchos productores dejan la semilla más tiempo del necesario en el campo para disminuir los costos de secamiento, obteniendo consecuentemente resultados negativos en la calidad fisiológica.

La semilla producida en Zamorano en muchos casos ha mostrado problemas en la germinación por causa de ataques de hongos de campo después de la madurez fisiológica. Además, la calidad fisiológica se deteriora por el manejo post-cosecha, especialmente durante la recepción en la planta de acondicionamiento, en la cual, las actividades de secado y desgrane influyen significativamente. Por esta razón, se deben tomar medidas preventivas y correctivas encaminadas a lograr una máxima calidad de la semilla para su posterior comercialización.

## **1.2 ANTECEDENTES**

En 1989, Salgado determinó que la calidad fisiológica de la semilla de maíz (germinación y vigor) se mantuvieron similares durante la madurez fisiológica y una semana después, pero a partir de la segunda semana la calidad fue disminuyendo, por lo

cual, para obtener semilla de alta calidad, la cosecha debe realizarse en las tres primeras semanas después de madurez fisiológica.

No se recomienda dejar la semilla de maíz en el campo más de cinco semanas después de la madurez fisiológica ya que a partir de esa fecha los niveles de deterioro causados por insectos, hongos, temperatura y humedad no son aceptables según los estándares de calidad de semilla vigentes (OIRSA, 1999). En el anexo 1 se detallan los requisitos mínimos de calidad en semilla certificada y comercial de maíz y frijol.

### **1.3 LÍMITANTES DEL ESTUDIO**

Durante este estudio se evaluó la fase post-producción del cultivo de frijol sembrado en los meses de enero y febrero de 1999, y del cultivo de maíz, sembrado en el mes de mayo de 1999. El maíz provenía de un productor independiente de Cantarranas, Francisco Morazán, por lo cual solamente se evaluó el comportamiento de la calidad desde el momento del recibo en la planta de acondicionamiento hasta su posterior desgrane.

### **1.4 OBJETIVOS**

#### **1.4.1 Objetivo general**

Evaluar los factores de manejo que afectan la calidad fisiológica de la semilla de frijol y maíz.

#### **1.4.2 Objetivos específicos**

1. Identificar los factores ambientales y de manejo que afectan la calidad fisiológica de la semilla de frijol a partir de la madurez fisiológica hasta el almacenamiento.
2. Definir el momento adecuado de cosecha en la época de verano para el cultivo de frijol destinado para semilla en Zamorano.
3. Evaluar los factores causales de daños en la calidad de la semilla de maíz durante la recepción del producto, secado y desgrane en la planta de acondicionamiento de Zamorano.
4. Formular recomendaciones que puedan ser aplicadas en Zamorano para optimizar el manejo de la semilla y mantener al nivel más alto posible la calidad fisiológica de la semilla destinada para la venta.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 IMPORTANCIA DE LA SEMILLA**

La semilla es el resultado de la fertilización, desarrollo y maduración del óvulo; está formada por un embrión, que durante la germinación se desarrolla en plántula, un tejido nutritivo, llamado endospermo y la testa que es una cubierta protectora (Bekendan y Grob, 1979).

La semilla es un óvulo fecundado, que es independiente de la planta madre, que ha logrado madurar hasta adquirir la diferenciación y capacidad fisiológica para originar una nueva planta. En un sentido más amplio, la semilla es una unidad de dispersión, ya que después de madurar generalmente es liberada por la planta madre para que se diseminen en el medio. Cuando el hombre colecta las semillas, generalmente antes de que se dispersen, forman poblaciones de semillas de una especie, que es cosechada en la misma localidad y estación del año (Camacho, 1994).

Según Turcios (1988), la importancia de la semilla radica en que además de dar origen a plantas cuyas partes sirven como fuente de alimento humano y animal, de textiles y grasas. También tiene funciones como transferir las características genéticas de generación en generación. Además, es un sistema eficaz que provee nutrientes y productos biosintéticos para iniciar la germinación y el desarrollo de una nueva planta y es un medio de reproducción y dispersión.

#### **2.1.1 Desarrollo, formación y maduración**

La madurez de la semilla ocurre cuando hay cambios funcionales que ocurren desde la polinización hasta el desarrollo completo del óvulo (Debouk e Hidalgo, 1985).

Según Diehl y Box (1985), generalmente la madurez fisiológica ocurre antes de la cosecha. Algunos de los cambios que ocurren en la semilla a medida que se aproxima a la madurez fisiológica son:

##### **a. Tamaño**

Aumenta desde la fertilización obteniéndose un máximo desarrollo antes de la madurez fisiológica; el tamaño comienza a decrecer a medida que la semilla pierde humedad al progresar hacia la maduración.

b. Peso seco

Aumenta al progresar la maduración de la semilla. El máximo incremento de peso seco define el punto de madurez fisiológica; en esta fase también la calidad fisiológica de la semilla está a su máximo nivel.

c. Contenido de humedad

Alcanza niveles mayores de 80% en el ovario no fertilizado, luego la humedad desciende gradualmente hasta llegar a un estado de equilibrio con el ambiente, lo cual define la madurez de cosecha para la mayoría de los cultivos.

d. Germinación y vigor

Algunas semillas son capaces de germinar antes de la etapa de madurez fisiológica. Sin embargo, la máxima germinación se logra una vez alcanzada esta etapa.

Evaluando la madurez fisiológica en diez variedades de frijol común se encontró que los días después de siembra a madurez fisiológica del grano varían de 59 a 83 días. Garner (1978) en un estudio con frijol común relacionó los cambios de color de la semilla y vaina con la máxima acumulación de materia seca. Crookston e Hill (1978) estudiaron los cambios de color en la testa, el embrión, el cotiledón, el funículo y la vaina, y sugirieron que el color del embrión es el mejor criterio para detectar la madurez fisiológica de la semilla de frijol.

Existe una alta correlación entre las pérdidas en rendimiento y la reducción del área foliar. Las principales partes morfológicas que resultan afectadas por la disminución de la eficiencia del área foliar son el número de vainas con semillas, la tasa de crecimiento del grano y el peso de la semilla (Osborne y Jackson, 1972). El peso de los granos de frijol sólo aumentan marcadamente cuando las vainas han alcanzado su tamaño y peso máximo, de 30 a 35 días después de floración. Al final de esta etapa los granos pierden su color verde para adquirir la característica de la variedad. La pigmentación aparece primero alrededor del hilum y luego se extiende alrededor de toda la testa.

### **2.1.2 Componentes estructurales**

Estudiar los componentes estructurales de la semilla, nos permite conocer la manera en que estas están constituidos, la importancia y susceptibilidad al deterioro que tienen cada una de sus partes y las condiciones de almacenamiento específicas de cada especie.

**2.1.2.1 Semilla de maíz.** Según Serna (1996), la semilla de maíz está formada por tres partes principales:

a. Capa protectora

Es llamado también complejo pericarpio-testa; el pericarpio consta de varias capas de células estructurales llamadas epicarpio, mesocarpio y endocarpio; el epicarpio o epidermis es la capa más externa del pericarpio, sus células son alargadas, rectangulares y con paredes celulosas angostas. La función del pericarpio es proteger el interior de la semilla, regular el flujo de agua y oxígeno hacia el interior y exterior de la semilla y al mismo tiempo proteger de la invasión de microorganismos. La testa o cubierta de la semilla es la capa más superficial de la semilla y envuelve al embrión y al endosperma excepto en la base del grano donde se encuentra la capa hiliar (Serna, 1996). La capa hiliar es una estructura que permite el flujo de nutrientes de la planta a la semilla y que se cierra a la madurez fisiológica formando el “punto negro” o punto de abscisión.

b. Tejido de soporte

Esta compuesto por el endospermo. La función del endospermo es de proveer nutrientes, energía y productos biosintéticos necesarios para iniciar la germinación y promover así el desarrollo inicial de la plantula.

c. Eje embrionario

Está compuesto por un coleóptilo, plúmula, raíces seminales, radícula y coleorriza; el eje embrionario resulta de la diferenciación del embrión. La función del eje embrionario es de iniciar el crecimiento en ambas direcciones; la plúmula da origen a la parte aérea, mientras que la radícula da origen al sistema radicular de la planta. Es atacado fácilmente por algunos insectos y hongos especialmente si el pericarpio ha sido dañado (Serna, 1996).

**2.1.2.2 Semilla de frijol:** El fruto del frijol es una vaina que consiste en varias semillas dentro de una cubierta exterior o pericarpio (POSTCOSECHA, 1997). Las estructuras básicas de la semilla de frijol son:

a. El pericarpio (vainas)

Durante el crecimiento de la planta son gruesos y comestibles. En la maduración la cubierta se seca y se agrieta exponiendo las semillas a la influencia ambiental.

b. El tegumento

También se le llama testa; está formado por la epidermis y una capa compacta de células.

c. Embrión

Esta compuesto por dos cotiledones y células embrionarias para el desarrollo de la nueva planta. En las leguminosas, no existe endosperma ya que en la formación de la semilla los cotiledones desplazan al endosperma (POSTCOSECHA, 1997).

d. Ojo

Esta formado por el rafe, hilo y micrópilo. La sección del ojo es importante en el intercambio de gases y humedad con el ambiente. Al dañarse la testa o el tegumento, esta función tomará lugar en otras zonas de la semilla, produciendo problemas de rancidez y susceptibilidad a insectos y hongos.

e. Carina

f. Mejilla

### **2.1.3 Germinación**

La germinación es el proceso mediante el cual un embrión adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir el programa genético que lo convertirán en una planta adulta. Según Camacho (1994), para que la germinación se realice, se necesita una semilla viable, o sea, que tenga un embrión vivo capaz de crecer, una temperatura, aereación y humedad adecuada para el proceso y eliminar los bloqueos fisiológicos (ácido abscísico, etc.) presentes en las semillas, que impiden la germinación.

Camacho (1994) lista los sucesos comunes que ocurren en la germinación que van desde la imbibición de la semilla hasta el crecimiento visible con la emisión de la radícula.

La germinación termina cuando la plántula no depende ya, para su existencia, de los tejidos nutritivos. A partir de este momento es capaz de producir sus propios alimentos. En términos prácticos se dice que la semilla ha germinado cuando en siembras de laboratorio emite la radícula, o cuando emerge del suelo en siembras realizadas en tierra. No todas las semillas que emiten la radícula, u otro órgano, a través de las cubiertas son capaces de producir una planta con posibilidades de llegar a ser adulta; por ello, en el laboratorio no se consideran como semillas germinales aquellas que originan plántulas anormales, es decir, que presentan defectos que les impedirán su desarrollo posterior (Camacho, 1994).

### **2.1.4 Deterioro**

El deterioro de la semilla comprende todos los cambios progresivos detrimentales que ocurren en la semilla hasta su muerte. El proceso de deterioro de la semilla se caracteriza por ser un proceso inexorable irreversible. Es menor cuando la semilla llega a su madurez fisiológica y la tasa de deterioro varía entre especies, entre variedades dentro de la especie, entre lotes de semilla de la misma variedad y entre lotes de semillas que varían

en su grado de deterioro desde aquellas relativamente no deterioradas hasta a aquellas en que todo su tejido esta muerto (Seed Physiology, 1984).

El alto contenido de humedad en las semillas durante el almacenamiento es una de las razones principales por las que pierden su capacidad para germinar. La humedad afecta el grado de respiración de las semillas y los microorganismos; a grados de humedad superiores al 20% pueden producir calor con la rapidez suficiente para destruir la semilla o empezar incendios en una masa de semilla (USDA, 1962).

**2.1.4.1 Síntomas.** Estados avanzados del deterioro de la semilla son evidentes por síntomas visibles durante la germinación y crecimiento de las plántulas. Aunque éstos son precedidos por cambios fisiológicos que cuyos síntomas sólo pueden ser medidos por técnicas sofisticadas.

**Visibles.** Eventualmente las últimas consecuencias del deterioro son observables durante la germinación. La demora en la emergencia de las plántulas es el primer síntoma notable, seguida de una baja tasa de crecimiento y una disminución en la germinación. A medida que las semillas se deterioran las condiciones ambientales bajo las cuales éstas pueden germinar son más limitadas. La pérdida en el potencial de emergencia en el campo es otro síntoma frecuentemente observado en el proceso del deterioro de la semilla. Otro síntoma del deterioro en la semilla es una disminución en la resistencia al estrés ambiental durante la germinación y en el crecimiento de las plántulas. La prueba de frío usa este principio para determinar el deterioro de la semilla bajo condiciones de temperaturas mínimas y suelos afectados por microorganismos.

La reducción en la viabilidad durante el almacenamiento es otro síntoma del deterioro de la semilla. En la prueba de envejecimiento acelerado, las semillas están sujetas a temperaturas extremas y condiciones de alta humedad por períodos cortos de tiempo, durante el cual el proceso de deterioro aumenta. Las pruebas de envejecimiento acelerado reflejan el potencial de almacenamiento de los diferentes lotes de semilla.

Las semillas de frijol en almacenamiento pueden ser afectadas en sus propiedades organolépticas. Estos cambios organolépticos se deben al deterioro de las fracciones lípidos de las leguminosas. El ataque de hongos en frijol almacenado está determinado por la humedad del grano y el tiempo de almacenamiento, presentándose reducción del porcentaje de germinación así como otros daños del embrión. Las semillas con quebraduras en las testas son atacadas por *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp.* más rápidamente que aquellas con testa en buenas condiciones, esto origina mayor pérdida en germinación y mayor número de plantas anormales (López y Christensen 1962).

**Fisiológicos.** De acuerdo a Seed Physiology (1984), dentro de los síntomas fisiológicos se encuentran la degradación de las membranas celulares, en donde hay evidencias indirectas de la pérdida del control de permeabilidad por membranas celulares o subcelulares de la semilla considerados como uno de los primeros efectos de deterioro. Además, la determinación de la pérdida del control de permeabilidad es indirecta porque no podemos examinar la estructura de la membrana directamente. Así pues, se analiza la

tasa y cantidad de materiales que se mueven fuera de la semilla; concluyendo que aquellas semillas que dejan escapar materiales rápidamente al ser colocadas en agua son más permeables; por lo tanto, sus membranas están más deterioradas que aquellas que no dejan escapar materiales tan rápidamente.

La relación entre exudados de la semilla y la viabilidad muestra que la permeabilidad de la semilla de maíz está íntimamente relacionada con la reacción de la prueba de frío; estableciendo una conexión entre la permeabilidad y el vigor. Por lo tanto se concluye que la permeabilidad del protoplasma (tasa y cantidad de exudados) está relacionada con la viabilidad de la semilla, y la predisposición de la semilla y la plántula a enfermedades.

La reducción en la respiración y biosíntesis es otro sintoma fisiológico, porque la respiración es una expresión compuesta de la actividad de un grupo de enzimas que reaccionan juntas en el desdoblamiento de reservas alimenticias. A la medida que el deterioro de la semilla aumenta, la respiración empieza progresivamente a debilitarse, llevando como última consecuencia la pérdida de la germinación.

Durante las primeras etapas de la germinación el nivel de respiración está correlacionada con el vigor de las plántulas. Por lo tanto, a medida que el proceso del deterioro aumenta la eficiencia fosforilativa se reduce hasta llegar a una disminución de la tasa de la respiración, existiendo un incremento en la producción de CO<sub>2</sub> y una disminución en el consumo de O<sub>2</sub>.

Pérdida de la actividad enzimática, en donde hay pruebas más sensitivas para medir el deterioro de la semilla son aquellas que miden la actividad de ciertas enzimas asociadas con el desdoblamiento de reservas alimenticias o biosíntesis de nuevos tejidos. Entre las pruebas bioquímicas que pueden ser usadas para medir la pérdida de la actividad enzimática están la prueba de tetrazolium y la prueba del ácido glutámico descarboxilasa. La pérdida de la actividad enzimática se resume con el decrecimiento de la actividad de la amilasa por lo que llega el deterioro de la semilla (Seed Physiology, 1984).

El incremento de exudados en la semilla es un frecuente síntoma observado durante el deterioro de la semilla es un marcado incremento en el contenido de exudados cuando éstas son remojadas en agua. Estos exudados reflejan el grado de degradación de las membranas de la semilla.

Otro sintoma fisiológico es el incremento de ácidos grasos, ya que la causa principal en el incremento de ácidos libres en la semilla es en general debido a la presencia de microorganismos. La invasión fungal es una de las grandes causas de desdoblamiento de lípidos a ácidos grasos libres y glicerol. Una mayor concentración de ácidos grasos en la semilla reduce la longevidad de la semilla (Seed Physiology, 1984).

**2.1.4.2 Causas de deterioro:** Un entendimiento de los factores fundamentales que inducen los síntomas del deterioro es esencial en el estudio del deterioro de las semillas. Existen varias teorías acerca de las causas básicas del deterioro; algunas de estas teorías son enteramente especulativas, por lo tanto podemos decir que el deterioro de la semilla es una combinación de varias causas. Según Copeland (1976), entre las causas más comunes tenemos el agotamiento de reservas alimenticias, que es una de las teorías más viejas del deterioro de la semilla, y explica este fenómeno por un agotamiento de las reservas alimenticias hasta que la semilla se muere.

La inanición de células meristemáticas fue una teoría introducida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América (USDA) en 1962. Esta teoría explica que la respiración podría agotar los compuestos involucrados en la transferencia de nutrientes evitando que éstos lleguen al embrión. Otra causa del deterioro es la acumulación de compuestos tóxicos en donde condiciones de baja humedad durante el almacenamiento, la disminución en la respiración y en la actividad enzimática puede ser responsable de la acumulación de compuestos tóxicos que reducen la viabilidad de la semilla. Cuando los embriones viejos de trigo eran trasplantados a endospermos jóvenes y embriones jóvenes a endospermo viejos, se observó una declinación progresiva en la germinación y vigor de ambos transplantes.

La presencia de ácido abscísico (un inhibidor de la germinación) en muchas semillas refuerzan esta teoría como una posible causa de deterioro (Copeland, 1976).

Inactivación de enzimas debido a que la pérdida de viabilidad es una consecuencia de la disminución en la actividad enzimática, la cual representa un papel importante en los procesos que ocurren durante la germinación.

El ataque de hongos puede causar la muerte de la semilla ya sea por efectos patogénicos o como resultado de la producción de micotóxicas; muchos de los hongos pueden acelerar la pérdida de la viabilidad de la semilla dentro de los límites óptimos de temperatura y humedad relativa (Turcios, 1988). La degradación de ácidos nucleicos, o sea, la pérdida de adenina y guanina de la molécula del ADN debido al efecto de la temperatura y la humedad, es considerada como una causa del deterioro en las semillas.

Otra causa del deterioro es la radiación ionizante, en donde se notó que en condiciones de almacenamiento, al aumentar las dosis de radiación sobre las semillas, se acelera considerablemente el proceso de deterioro, causando una pérdida en la germinación (Turcios, 1988).

**2.1.4.3 Cambios que ocurren durante el deterioro:** A medida que la semilla se deteriora, ocurren cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos. Según Delouche (1969), la secuencia de cambios comienzan con la degradación de la membrana celular, por lo que ocurre cambio en la permeabilidad de la misma hasta llegar a la muerte de la semilla.

## **2.2 COMPONENTES DE LA FASE POST-PRODUCCIÓN**

La fase post-producción de maíz y frijol comprende las etapas de madurez fisiológica, cosecha, desgrane, transporte del campo a la planta de acondicionamiento, recepción, aereación, secado, acondicionamiento, almacenamiento y comercialización.

### **2.2.1 Madurez fisiológica**

La madurez fisiológica es el momento donde hay una máxima acumulación de materia seca y ya no hay translocación de nutrientes de la planta al fruto (Espinal, 1999).

Según Salgado (1989) la importancia de la madurez fisiológica es el periodo cuando la semilla logra su mayor vigor y germinación.

### **2.2.2 Cosecha**

Para el caso de semilla, la época de su cosecha y el modo como se la efectúa, son más críticos que en caso de cosecha para grano. Una cosecha rápida, en cuanto está madura la semilla, reduce al mínimo su deterioro en el campo, la infestación de insectos y las pérdidas por estropeo. Es esencial una cosecha cuidadosa para reducir al mínimo los daños mecánicos que van en detrimento de su calidad; es también preciso tener especial atención en lo relacionado con el aseo de las máquinas cosechadoras, las cribas, etc., para prevenir la contaminación de la semilla con semillas de otras variedades (Delouche, 1969).

Los principios de operación de las máquinas cosechadoras son básicamente una sección para cortar las plantas, una sección que permite arrancar o desgranar las semillas de las plantas, una sección para separar la semilla de la vegetación o paja y una sección para separar también las partes grandes inservibles y deshacerse de ellas por ventilación. Para la semilla de maíz debe cosecharse en su mazorca y luego secarse hasta un nivel de humedad adecuado para el desgranado (12-24%); entonces debe ser desgranada y luego secada si es necesario hasta un grado de humedad seguro (Delouche, 1969).

Grandes pérdidas en la cosecha ocurren cuando ésta se hace con una humedad menor de 20%. La rapidez de la cosecha depende de la capacidad de la secadora. Jugenheimer (1981) señala que, realizar la cosecha temprana (semilla con 30% de humedad) se utiliza para evitar la pérdida excesiva de semilla en el campo ocasionada por combinadas o recogedoras mecánicas, reduce el riesgo de retrasos en la cosecha debido a un tiempo lluvioso. Además, reduce el riesgo de temperaturas anormalmente bajas antes de que se

termine la cosecha de toda la semilla, previene el desarrollo adicional de hongos de pudrición de la mazorca, detiene el daño por insectos barrenadores del maíz y de gusanos de la mazorca y evita las pérdidas severas en el desgrane por el manejo de la semilla con baja humedad.

El desgrane se define como la separación de cada una de las semillas del fruto. Generalmente el desgrane se realiza a la misma vez que la cosecha, debido a que las máquinas cosechadoras tienen incorporados los equipos para la realización del desgrane ya que primero se seca la semilla con toda la mazorca. La mayor parte de la semilla de maíz se desgrana con maquinaria. En el desgrane debe tenerse cuidado para evitar el daño a la semilla (Jugenheimer, 1981).

#### **2.2.4 Aireación**

La aireación se define como el proceso de ventilar el grano con flujos de aires muy bajos, que uniformizan la temperatura del grano para mantener la calidad del grano. La aireación tiene como objetivo preservar la calidad de la semilla mediante el mantenimiento de una temperatura uniforme a través de toda la semilla y sobre todo para prevenir la migración de humedad que causa focos de calentamiento.

Según Espinal (1999), las funciones de la aireación incluye enfriar el grano, para reducir la actividad biológica y evitar el crecimiento de microorganismos. Se recomienda bajar la temperatura a 5°C por debajo de la temperatura ambiente uniformizar la temperatura; para evitar las diferencias de temperatura en los granos y evitar que ocurra condensación (debido a la migración de humedad) en los silos, distribución de fumigantes, mantener o acondicionar grano húmedo que ha sido cosechado tempranamente, y eliminar olores desagradables que se forman por la acumulación de gases de las semillas almacenadas.

#### **2.2.5 Secado**

El secado es el proceso de transferir aire caliente a la semilla para reducir su contenido de humedad. El aire caliente absorbe el agua libre y disipa el vapor de agua que la semilla desprende mientras se está secando. La elevación en la temperatura resultante estimula la difusión de la humedad interna hacia la superficie e incrementa la presión de vapor del líquido, estimulando de esta manera la evaporación.

El alto contenido de humedad en las semillas durante el almacenamiento es una de las razones principales por las que pierden su capacidad para germinar. La humedad afecta el grado de respiración de las semillas y los microorganismos; a grados de humedad superiores al 20% pueden producir calor con la rapidez suficiente para destruir la semilla o empezar incendios en una masa de semilla (USDA, 1962).

El secado de la semilla puede lograrse solamente cuando la presión del vapor de la humedad de la semilla es mayor que la resistencia de la presión del vapor que rodea al aire. El grado de secamiento baja a medida que el diferencial de presión del vapor disminuye. El secamiento cesará cuando se alcance un equilibrio entre las presiones de

vapor. En este punto, la humedad se llama contenido de humedad en equilibrio de la semilla, a las condiciones de la atmósfera, o sea, que el contenido de humedad de una semilla varía de acuerdo con la humedad relativa del aire (USDA, 1962).

El secamiento artificial tiene las ventajas de permitir una cosecha temprana y reducir las posibilidades de pérdidas por mal tiempo. Las cosechas tempranas y secado artificial generalmente se traducen en mayores rendimientos de semilla, con menores pérdidas ocasionadas por sobremaduración y desgrane. Con las cosechas tempranas también se consiguen menores daños de insectos y pájaros.

El tiempo total de secamiento de cualquier semilla está relacionado con el contenido inicial y final de humedad, la velocidad de secado de la semilla, la intensidad de la corriente del aire y la temperatura del aire para secar.

Las altas temperaturas en un secamiento rápido pueden perjudicar la semilla, debido a que la humedad superficial libre puede ser removida sin peligro a temperaturas rápidas, por que la evaporación rápida extrae calor de la semilla lo suficientemente rápido para conservar la temperatura de la semilla (USDA, 1962).

Una regla empírica a que se puede recurrir para determinar el tiempo de secado consiste en que cerca del 0.3% de la humedad puede ser eliminado en una hora, con una intensidad de corriente de aire de 5 cfm/bu (pies cúbicos por minuto por bushel) a 38°C (USDA, 1962).

## **2.2.6 Acondicionamiento**

Durante el proceso de acondicionamiento, lo que se busca es una separación completa de la semilla, una pérdida mínima de semilla, el mejoramiento en la calidad de la semilla, una eficiencia en la capacidad efectiva-económica de la planta de acondicionamiento y una reducción de la mano de obra. El acondicionamiento comienza con la limpieza, después la selección o clasificación, luego el tratamiento y termina en el embolsado.

**2.2.6.1 Limpieza.** La semilla tal como viene del campo nunca es pura, ya que con ella vienen mezcladas semillas de malezas y de otras plantas. Después de la cosecha, esas semillas tienen que ser separadas para obtener semilla pura, para la siembra. La limpieza de la semilla reduce el volumen que se maneja y almacena debido a que se remueve tierra, hojas, tallos y cascarillas (USDA, 1962).

Para la limpieza de la semilla se utiliza una maquina de aire y zaranda (MAZ), en la cual la mayoría del material extraño es removido por las zarandas y el aire. Este aparato hace una separación de la cascarilla ligera y del polvo por medio de una corriente controlada de aire, una separación de la basura gruesa sobre una criba de perforaciones grande, y una separación de la materia extraña pequeña mediante una zaranda de perforaciones pequeñas. Las zarandas aprovechan las diferencias en forma y tamaño, y el aire en movimiento encuentran diferencias en la superficie de las semillas y en su densidad, de modo que es posible hacer una separación de ellas. Las zarandas superiores tienen

orificios más grandes que las semillas que se van a limpiar. Las zarandas inferiores tienen orificios más pequeños que las semillas.

**2.2.6.2 Clasificación.** Las diferencias en tamaño, forma, peso, cubierta, peso específico, color, textura, propiedades eléctricas, y pubescencia, pueden ser medidas o percibidas por aparatos mecánicos llamados separadores los cuales apartan las semillas deseadas de las no deseadas, basándose en una o más de esas diferencias físicas.

Dentro de las máquinas separadoras existen los separadores de gravedad, que dividen las semillas de acuerdo con su peso y tamaño. Otra máquina es la de cilindros separadores, que separan las semillas cortas de las largas.

Los separadores de gravedad emplean un principio de flotación. La mezcla de semillas es alimentada en el extremo inferior de una mesa perforada inclinada. El aire, forzado a través de la superficie perforada y de la capa de semillas por un ventilador, avienta el material más ligero hacia arriba y estratifica las semillas en capas de acuerdo con su densidad. Un movimiento oscilatorio de la mesa, mueve hacia arriba las semillas pesadas que están en contacto con la superficie de la mesa, mientras que el aire “flota” hacia abajo de las semillas livianas. La cantidad de semilla alimentada es crítica y debe ser ajustada de modo que la masa tenga siempre una cubierta uniforme y constante del material que se clasifica. La inclinación de la mesa es ajustable. La inclinación debe ser lo suficientemente grande para que las semillas ligeras fluyan hacia el extremo inferior. La oscilación de la mesa debe ser lo suficientemente rápida para que las semillas pesadas en contacto con ella se muevan hacia el extremo superior (USDA, 1962).

El separador de cilindro alveolado consiste en un cilindro rotatorio horizontal y una canal separadora movable. La superficie interior del cilindro tiene pequeñas cavidades semiesféricas colocadas muy juntas. Cuando se introduce una mezcla de semillas en uno de los extremos del cilindro, las semillas cortas son elevadas por el efecto combinado del alojamiento dentro del alvéolo y de la fuerza centrífuga. Generalmente el cilindro está ligeramente inclinado, de modo que las semillas largas rechazadas fluyen por gravedad en el cilindro hacia el punto de descarga (USDA, 1962).

**2.2.6.3 Tratamiento de la semilla.** El tratamiento se lleva a cabo después de que, a través de la limpieza y separación, se está seguro de que el lote de semilla es de una variedad pura. El tratamiento se realiza con reactivos químicos para controlar ciertas enfermedades originadas en la semilla. Algunas pérdidas fuertes de cosecha se deben a la siembra con semillas sin tratar.

La semilla de maíz tiene una reacción alcalina después de que absorbe agua, antes de la germinación. Esto presenta un buen medio de cultivo para varios hongos presentes en el suelo por lo que se recomienda sembrar semilla tratada. La semilla madura con pericarpio sano no se beneficia mucho con el tratamiento de la semilla. La semilla que tiene dañado el pericarpio responde más al tratamiento de la semilla que la semilla recogida manual y cuidadosamente manejada (Jugenheimer, 1981).

Un equipo tratador de semilla ideal deberá incluir un dispositivo para la medición de la semilla, dispositivo para la medición de la sustancia química, medios para la aplicación del tratamiento de la semilla, una cámara de mezcla para la semilla y el tratamiento y los medios para desalojar la semilla tratada.

**2.2.6.4 Embolsado.** Generalmente la semilla se vende en sacos hechos de tela o de papel especial resistentes a la humedad. Los empaques pueden hacerse de cáñamo, yute, tela de algodón, papel, metal, vidrio y de varias combinaciones de materiales. Existen varios tamaños de equipo mecánico para llenar, pesar y cerrar los sacos. La mayoría de los sacos se cierran con máquinas de coser. Cada saco deberá marcarse con una etiqueta que lleve la información que satisfaga todas las leyes sobre semillas (Jugenheimer, 1981).

### **2.2.7 Almacenamiento**

El almacenamiento tiene como objetivo primordial preservar la integridad de la semilla y en segundo término estandarizar, clasificar o seleccionar los diferentes tipos de cultivos para mantener la calidad de la semilla mientras es comercializada. La clave de un buen almacenamiento es el control dentro de los límites adecuados del contenido de humedad en el grano, lo cual es un proceso complicado que requiere importantes prácticas de manejo como son la estricta protección de la semilla contra la lluvia y otros agentes ambientales, movimiento o rotación de lotes, aereación y en ocasiones el secado artificial de la misma (Serna, 1996).

Toda semilla deberá almacenarse en un lugar seco y frío, libre de roedores y de insectos de almacén. Esto debido a que la semilla de maíz que contiene más de 12% de humedad pierde su viabilidad con bastante rapidez, independientemente de las otras condiciones de almacenamiento (Jugenheimer, 1981). Las fluctuaciones en temperatura dentro del almacén propician que se condense la humedad del aire en la superficie del grano, ocasionando que paulatinamente se incremente su contenido de humedad.

Hay solo dos maneras de obtener un buen almacenamiento de semillas que es localizando el lugar en que se hará el almacenamiento dentro de un clima razonable, o modificando el ambiente alrededor de la semilla a fin de producir condiciones favorables (Delouche, 1969). El almacenamiento bajo atmósferas controladas tienen como objetivo reducir la actividad enzimática de la semilla, por ejemplo una atmósfera rica en bióxido de carbono retro-inhibirá el proceso de respiración y deterioro (Serna, 1996).

### **3. MATERIALES Y METODOS**

#### **3.1 LOCALIZACION DEL ESTUDIO**

El estudio se realizó en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, ubicada en el Valle Zamorano, 30 km al este de Tegucigalpa, Honduras. A 14° latitud norte y 82° 2' longitud oeste, con una temperatura media anual de 23°C y una precipitación anual de 1100 mm, a una altitud aproximada de 800 msnm. El estudio se realizó en el área de Santa Inés, Terraza #1 (8.92 ha) y en el área de Colindres, Terraza #1 (4.2 ha), destinados para la producción de semilla de frijol. La evaluación en el cultivo del maíz se realizó en dos lotes de semilla comprados a un productor independiente procedente de Cantaranas, Francisco Morazan, Honduras.

#### **3.2 MANEJO DEL LOTE DE FRIJOL EN EL CAMPO**

El material genético usado fue la variedad “Tío Canela 75” (Descripción varietal en el Anexo 3), sembrada en la época de verano en el Lote de Santa Inés y Colindres. La fertilización en ambas localidades consistió en 200 kg N/ha y 254 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, suplidos a través de un fertilizante de fórmula (18-46-0) y urea. Para el control de malezas gramíneas se utilizó un herbicida pre-emergente, pendimentalina (Prowl®), y para malezas hoja ancha se utilizó un post-emergente, bentazon (Basagran®).

#### **3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL**

En el caso de frijol el diseño experimental que se utilizó durante la evaluación fue un Diseño Completamente al Azar (DCA) con Medidas Repetidas a Través del Tiempo, en donde se evaluó la calidad de la semilla a madurez fisiológica (MF), 3, 7, 10 y 14 días después de MF, cosecha, desgrane, aireación, secado, acondicionamiento y almacenamiento, con tres repeticiones por factor para un total de 33 unidades experimentales por localidad. Para el maíz se evaluaron dos lotes para los siguientes factores: Recibo, secado y desgrane, con tres repeticiones por factor.

Se evaluó el efecto de las épocas de cosecha en las variables porcentaje de humedad, germinación y vigor de la semilla.

En el cultivo de frijol, el tamaño de cada parcela fue de 5.0 m de largo x 2.0 m de ancho, con cuatro hileras de frijol dejando las dos hileras de los lados sin cosechar para evitar el efecto de borde.

Para determinar la madurez fisiológica se realizaron en el frijol varios muestreos evaluando el cambio de color verde a rojizo de la semilla. Según Crookston y Hill (1978), los cambios de color en la testa, el embrión, el cotiledón, el funículo y la vaina son criterios para detectar la madurez fisiológica de la semilla de frijol.

Se realizó un análisis de varianza para determinar si las diferencias en las variables eran significativas. Se usó la prueba Tukey, para la separación de medias, a través del programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS® 6.12).

### **3.4 MANEJO DE LOS LOTES EN LA PLANTA DE ACONDICIONAMIENTO**

Los lotes de frijol fueron desgranados en el campo y luego trasladados al área de recibo de la planta de acondicionamiento, depositándolos directamente en los silos. Luego, se airearon y secaron a un contenido de humedad entre 12-12.5%.

Después del secamiento, la semilla de frijol pasó a la etapa de acondicionamiento, en la cual, fue clasificada en la mesa gravimétrica, en base a su densidad.

Después que fue clasificada, se embolsó provisionalmente en sacos de polietileno, hasta que se realizó la evaluación y aprobación por parte de la Secretaria de Agricultura y Ganadería de Honduras para ser comercializada como semilla certificada. Luego, la semilla fue tratada con un producto químico contra hongos, bacterias y otras plagas (Busan®) a una dosis de 1.0 ml diluido en 7.0 ml de agua/ kg de semilla.

Después del tratamiento, la semilla fue depositada en bolsas de plástico de 4.5 kg. Cada bolsa contiene su respectiva etiqueta de identificación, para luego ser almacenada hasta el momento de la comercialización.

En el caso del maíz, se realizó una cosecha rápida para reducir al mínimo el deterioro de la semilla en el campo, por la infestación de hongos o insectos. El lote 1 se cosechó al momento de la madurez fisiológica y el lote 2 a los 2 días después de madurez.

### **3.5 ANALISIS DE LABORATORIO**

Los análisis de humedad, germinación y vigor se realizaron en Laboratorio de Semillas del Centro Internacional de Tecnología de Semillas y Granos (CITESGRAN), Zamorano.

#### **3.5.1 Preparación de la muestra**

Las muestras de semillas (2 kg) se homogenizaron utilizando el separador tipo Boerner, hasta obtener sub-muestras de 1 kg, las cuales se utilizaron para realizar los análisis de humedad, germinación y vigor.

### **3.5.2 Determinación del porcentaje de humedad de la semilla**

El porcentaje de humedad se efectuó a través del método indirecto (dieléctrico) utilizando el medidor de humedad Motomco. Se determinó el porcentaje de humedad para las tres repeticiones de cada parcela en cada uno de los tratamientos.

### **3.5.3 Análisis de germinación**

De cada muestra se tomaron al azar 400 semillas repartidas en cuatro repeticiones de 100 semillas. Las semillas se distribuyeron uniformemente sobre el papel toalla húmedo, separándolas las unas de las otras para evitar el contacto entre ellas antes de que se cuenten y retiren, esto se realizó con los tableros contadores de semilla, para cada repetición, cada una con su respectiva identificación (nombre del analista, lote, fecha del análisis, número de repetición). Se colocaron en un germinador, el cual mantiene una temperatura de 25°C constantes y 80% de humedad relativa. Las muestras se humedecían cada dos días para mantener la humedad en el medio de crecimiento.

Se realizaron conteos a los cuatro y siete días después de ser colocados en el germinador. Las semillas evaluadas se clasificaron en plántulas normales, plántulas anormales y semillas muertas. Los resultados se tomaron como porcentaje de germinación, que indica la proporción en número de las semillas que han producido plántulas clasificadas como normales para cada muestra.

**3.5.3.1 Plántulas normales.** Como plántula normal se consideró aquella que cumple con las siguientes características:

- a. Un sistema radicular bien desarrollado que incluya una raíz primaria para el caso del frijol, y para el caso del maíz las raíces seminales.
- b. Un hipocotilo bien desarrollado e intacto y sin lesiones en los tejidos conductores del maíz y, en el frijol una plúmula normal.
- c. En el maíz, una hoja primaria bien desarrollada en el interior o emergiendo a través del coleoptilo.
- d. Un cotiledón para las plántulas del maíz y dos cotiledones para plántulas del frijol.

**3.5.3.2 Plántulas anormales.** Las plántulas anormales son aquellas que no manifiestan capacidad para continuar su desarrollo hacia plantas normales cuando crecen en suelo de buena calidad y bajo condiciones favorables de agua, temperatura y luz.

Se clasificaron como anormales, las plántulas con los defectos siguientes:

a. Dañadas: Plántulas sin cotiledones; plántulas con hendiduras, grietas o lesiones de las estructuras esenciales.

b. Deformadas: Plántulas con un desarrollo de las estructuras esenciales débil o desequilibrado, tales como plúmulas, hipocotilos retorcidos en espiral o atrofiados; brotes hinchados y raíces atrofiadas; plúmulas con hendiduras, coleoptilos sin hojas primarias.

c. Podridas: Plántulas con alguna de las estructuras esenciales afectada por Enfermedades, o podrida hasta tal punto que se impida el desarrollo normal.

**3.5.3.3 Semillas muertas.** Se clasifican como semillas muertas, las semillas que no han producido plántulas al finalizar el periodo del ensayo.

#### **3.5.4 Análisis de vigor**

De cada muestra se utilizaron al azar 400 semillas repartidas en cuatro repeticiones de 100 semillas. Cada repetición se colocó en un recipiente de plástico para introducirlo al horno a una temperatura de 42°C y una humedad relativa de 90%, para provocar un estrés en las semillas, durante 96 horas. Luego se realizó una prueba de germinación (descrita anteriormente) para contabilizar las semillas que tienen la capacidad de germinar en el campo bajo condiciones adversas.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1 CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL FRIJOL

Se observó una continua disminución del contenido de humedad de la semilla después de su madurez fisiológica. El mayor contenido de humedad fue durante la etapa de madurez fisiológica en ambas localidades, lo que coincide con los resultados encontrados por Martínez (1988) en frijol, quien determinó que cambios sustanciales en peso seco y contenido de humedad ocurren en la semilla a medida que se aproxima a la madurez fisiológica. En este estudio, el máximo valor de la materia seca ocurrió a la madurez fisiológica, obteniendo un contenido de humedad de 50%, lo cual es aseverado por Martínez, 1988.

La humedad a los 7 días después de madurez fisiológica (DDMF) fue de 33.72% y en el décimo fue de 20.82% (Cuadro 1); la cosecha se debe realizar durante este período, debido a que la humedad de la semilla permite un buen manejo y se puede reducir la pérdida de calidad. A los 14 DDMF la humedad de la semilla fue baja (16.33% en Santa Inés y 15.49% en Colindres) para cosechar ya que a este contenido de humedad el producto es vulnerable a excesivos daños mecánicos.

Cuadro 1. Variaciones en el contenido de humedad en la fase post-producción de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999. \*

Etapa post-producción	Humedad (%)	
	Santa Inés	Colindres
Madurez fisiológica (MF)	50.18 a	50.91 a
Tercer día después de MF	41.20 b	42.10 b
Séptimo día después de MF	34.61 c	32.83 c
Décimo día después de MF	20.85 d	20.80 d
Catorceavo día después de MF	16.33 e	15.49 e

\* Promedios seguidos con letra diferente en cada columna son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ )

Durante el secado, la humedad se redujo a 12.03% en el lote de Santa Inés, y 12.11% para el de Colindres (Cuadro 2); esta es una humedad que garantiza un almacenamiento seguro de la semilla, ya que no prolifera el crecimiento de hongos. Cuanto menor sea el

contenido de humedad de la semilla, mayor es el número de días que puede almacenarse (ver Anexo 7).

Se observó un pequeño aumento (0.32% en el lote de Santa Inés y 0.10% en el lote de Colindres) en la humedad de la semilla durante el almacenamiento (Cuadro 2), debido a la higroscopicidad de la semilla, la cual gana o pierde humedad dependiendo de la humedad relativa del ambiente hasta entrar en equilibrio.

Cuadro 2. Variaciones en el contenido de humedad desde la cosecha hasta el almacenamiento de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999. \*

Etapa post-producción	Humedad (%)	
	Santa Inés	Colindres
Cosecha <sup>1</sup>	18.63 a	16.92 a
Aireación	17.50 b	16.48 b
Desgrane	17.26 c	16.08 c
Secado	12.03 f	12.11 f
Acondicionamiento	12.42 d	12.26 d
Almacenamiento	12.35 e	12.21 e

\* Promedios seguidos con letra diferente en cada columna son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ ).

<sup>1</sup> Cosecha a los 10 días después de la madurez fisiológica.

Hubo una diferencia altamente significativa ( $P < 0.0001$ ) entre el contenido de humedad del lote de Santa Inés y Colindres, lo cual se debió probablemente a la diferencia en precipitación, que es 58.9 mm más en Colindres (Anexo 5), tipo de suelo y drenaje. Estos factores deben ser evaluado cuidadosamente en futuros estudios.

## 4.2 GERMINACION DEL FRIJOL

La mayor germinación se presentó durante la madurez fisiológica (96% en ambas localidades), lo que coincide con los resultados obtenidos por Martínez (1988) en frijol donde determinó que cambios en la germinación y vigor ocurren en la semilla a medida que se aproxima a la madurez fisiológica. El máximo valor de la materia seca que Martínez obtuvo, ocurrió a la madurez fisiológica obteniendo una germinación de 98%.

A partir de la madurez fisiológica, la germinación disminuyó constantemente, algunos factores que pudieron ocasionar la disminución fueron los daños mecánicos, pérdida de permeabilidad de la membrana y al ataque de hongos, esto basándose en lo expresado por López y Christensen (1962), en donde las semillas con quebraduras en las testas son atacadas por *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp.* más rápidamente que aquellas con testa en buenas condiciones, esto origina mayor pérdida en germinación y mayor número de

plantas anormales. La diferencia en germinación entre el séptimo y el décimo día no fue estadísticamente significativa (Cuadro 3) por lo que la cosecha se puede realizar en ese periodo de tiempo sin afectar la germinación.

Se observó una diferencia de 4% en la germinación, entre el décimo y el catorceavo día después de madurez fisiológica. De acuerdo a este resultado, el dejar la semilla más de 10 días después de madurez fisiológica reduce significativamente la germinación (Cuadro 3).

Cuadro 3. Porcentaje de germinación durante la fase post-producción de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999. \*

Etapa post-producción	Germinación (%)	
	Santa Inés	Colindres
Madurez fisiológica (MF)	96 a	96 a
Tercer día después de MF	94 b	93 b
Séptimo día después de MF	92 b c	91 b c
Décimo día después de MF	91 c	89 c
Catorceavo día después de MF	87 d	86 d

\* Promedios seguidos con letra diferente son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ )

Durante el acondicionamiento se realiza una selección de semillas en la mesa gravimétrica y la máquina crippeen, las cuales, seleccionan la semilla de acuerdo al peso y tamaño. Debido a esta selección, se obtuvo una mejora en la germinación de la semilla en 4%, en ambas localidades (Cuadro 4).

Cuadro 4. Porcentaje de germinación desde la cosecha hasta el almacenamiento de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres. Zamorano, Honduras, 1999. \*

Etapa post-producción	Germinación (%)	
	Santa Inés	Colindres
Cosecha <sup>1</sup>	91 a	87 a b c
Desgrane	88 b c	85 c d
Aireación	88 b c	85 c d
Secado	86 c	84 d
Acondicionamiento	90 d	88 a b
Almacén	89 d	88 a

\* Promedios seguidos con letra diferente son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ )

<sup>1</sup> Cosecha a los 10 días después de madurez fisiológica.

También se obtuvo una diferencia altamente significativa ( $P < 0.0001$ ) entre la germinación del lote de Santa Inés comparada a la de Colindres, siendo mayor la germinación en Santa Inés durante todas las etapas evaluadas. Esta diferencia pudo deberse a la diferencia en precipitación (58.9 mm más en Colindres), por lo que hay un ambiente (alta humedad relativa) más propicio para el crecimiento de hongos de campo. Las diferencias en las condiciones edáficas entre lotes es un factor que debe considerarse al evaluar en detalle los elementos edáficos que pudieron influir en estos resultados.

### 4.3 VIGOR EN EL FRIJOL

En el caso del vigor, el mayor valor ocurrió durante la madurez fisiológica pero después comenzó a disminuir, lo que concuerda con lo expresado por Seed Physiology (1984), que durante las primeras etapas de la germinación el nivel de respiración está correlacionada con el vigor de las plántulas. Por lo tanto, a medida que el proceso del deterioro aumenta, hay un incremento en la producción de  $CO_2$  y una disminución en el consumo de  $O_2$ .

También se obtuvo una diferencia de 3%, entre el vigor del décimo día después de madurez fisiológica en comparación al vigor del catorceavo día después de madurez fisiológica (Cuadro 5).

Cuadro 5. Porcentaje de vigor durante la fase post-producción de la semilla de frijol producida en la época de verano en los lotes de Santa Inés y Colindres, Zamorano, Honduras, 1999. \*

Etapa post-producción	Vigor (%)	
	Santa Inés	Colindres
Madurez fisiológica (MF)	95 a	94 a
Tercer día después de MF	93 a	93 a
Séptimo día después de MF	90 b	90 b
Décimo día después de MF	89 b c	88 c
Catorceavo día después de MF	86 d	85 d

\* Promedios seguidos con letra diferente son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ )

Durante el acondicionamiento, se mejoró la calidad del lote de semilla al aumentar el vigor en un 3% (Cuadro 6). Esta mejora se debió a la selección de semillas en la mesa gravimétrica y la máquina crippeen. Esto demuestra la importancia del acondicionamiento, el cual asegura la obtención de un producto de alta calidad para la venta.

También se obtuvo una diferencia altamente significativa ( $P < 0.0001$ ) en el vigor del lote de Santa Inés comparándolo con el vigor de Colindres, siendo mayor el vigor en Santa Inés durante todas las etapas evaluadas. Esta diferencia pudo deberse a la mayor precipitación (58.9 mm) en Colindres, lo que propicia un ambiente (alta humedad

relativa) para el crecimiento de hongos de campo. Las diferencias en las condiciones edáficas entre los lotes deben ser evaluadas cuidadosamente en futuros estudios.

Cuadro 6. Porcentaje de vigor durante la cosecha hasta el almacenamiento de la semilla de frijol producida en la época de verano en el lote de Colindres, Zamorano, Honduras, 1999. \*

Etapa post-producción	Vigor (%)	
	Santa Inés	Colindres
Cosecha <sup>1</sup>	88	85 b
Desgrane	86	83 b c
Aireación	85	83 b c
Secado	84	82 c
Acondicionamiento	87	87 a
Almacén	87	87 a

\* Promedios seguidos con letra diferente son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ )

<sup>1</sup> Cosecha a los 10 días después de madurez fisiológica.

#### 4.5 CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL MAÍZ

El mayor contenido de humedad observado en el maíz fue durante el recibo (25.83% en ambos lotes); la semilla clasificada como lote 1 fue cosechada a madurez fisiológica. La semilla de maíz clasificada como lote 2 fue cosechada a los dos días después de madurez fisiológica. Al recibo, fue necesario reducirle el contenido de humedad por medio del secado hasta 12.40% (Cuadro 7). Este valor garantiza un almacenamiento seguro, porque la proliferación de hongos de almacén y el ataque de insectos se inicia con un contenido de humedad de la semilla arriba de 13.5% (Anexo 6).

También se encontró diferencia significativa de la humedad de la semilla entre la fase de secado y el desgrane (Cuadro 7); esto pudo deberse a que el desgrane se realizó en horas donde la temperatura alcanzó 28-29.5 °C y la humedad relativa fue de 72-67%, por lo que la semilla absorbió humedad al entrar en equilibrio con el ambiente. El contenido de humedad en equilibrio a esa temperatura y humedad relativa es de 13.85-12.85% (Ver anexo 5). Además, esta diferencia de contenido de humedad pudo deberse al factor muestreo.

Cuadro 7. Contenido de humedad durante la fase post-producción de la semilla de maíz proveniente de dos lotes de un productor independiente de Cantarranas, Francisco Morazán, Honduras, 1999. \*

Etapa post-producción	Humedad (%)	
	Lote 1	Lote 2
Recibo	25.83 a	25.83 a

Secado	12.40 b	12.68 b
Desgrane	12.24 c	12.44 c

\* Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ )

Se encontró una diferencia altamente significativa ( $P > 0.0001$ ) entre los lotes 1 y 2 en relación a la humedad de la semilla. En el lote 1 el contenido de humedad fue menor que en el lote 2, lo cual, se debió a la diferencia en temperatura 27.5°C y 26.0°C, respectivamente, humedad relativa 77% y 75%, respectivamente y precipitación que ocurrió durante los días en que se recibió el maíz en la planta de acondicionamiento en Zamorano (Anexo 2).

#### 4.6 GERMINACIÓN EN EL MAÍZ

Durante el recibo la germinación fue mayor que durante el secado. En el lote 1 hubo una diferencia de 2% y en el lote 2 hubo una diferencia de 4% (Cuadro 8). Esta reducción en la germinación se debió al daño provocado por la temperatura a las semillas con pericarpio debil o con daño mecánico que coincide por lo expresado por López y Christensen (1962), en donde las semillas con daño en el pericarpio son atacadas por *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp.* más rápidamente que aquellas buenas condiciones, esto origina mayor pérdida en germinación y mayor número de plantas anormales. Esta pérdida esta en el rango de pérdidas permitido (5%) durante el secado.

No hubo diferencia significativa en el porcentaje de germinación entre la etapa de secado y desgrane (Cuadro 8), esto se debió a la buena calibración de la desgranadora.

Cuadro 8. Porcentaje de germinación durante la fase post-producción de la semilla de maíz proveniente de dos lotes de un productor independiente de Cantarranas, Francisco Morazán, Honduras, 1999. \*

Etapa post-producción	Germinación (%)	
	Lote 1	Lote 2
Recibo	95 a	95 a
Secado	93 b	91 b
Desgrane	93 b	90 b

\* Medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ )

Las diferencias presentadas entre ambos lotes no fueron significativas ( $P > 0.2415$ ), lo que significa que la mayor germinación presentada en el lote 1 durante el secado y el desgrane no se debieron a la calidad de la semilla, sino a otros factores como las la temperatura y la humedad relativa ocurridos en los días que se realizó el secado. La semilla de maíz entra en equilibrio con la humedad del ambiente dependiendo de la humedad relativa y la temperatura persistentes (Ver Anexo 8).

#### 4.7 VIGOR EN EL MAÍZ

No hubieron diferencias entre el lote 1 y el lote 2 ( $P > 0.1970$ ) promediando las tres etapas. Sin embargo, durante el recibo se encontró el mayor de vigor, en ambos lotes, con una diferencia de 2% en el lote 1 y en el lote 2 hubo una diferencia de 4% (Cuadro 9). Esta diferencia probablemente se debió al daño provocado por la temperatura de las semillas con pericarpio débil o con algún daño mecánico. Esta aseveración coincide con lo expresado por López y Christensen (1962), quienes expresan que las semillas con daño en el pericarpio son atacadas por *Aspergillus sp.* y *Penicillium sp.* más rápidamente que aquellas en buenas condiciones, esto origina mayor pérdida en vigor. La pérdida de vigor observado (4% en el lote 1 y 2% en el lote 2) durante el secado se encuentra en el rango permisible (no mayor de 5%) por los productores y comercializadores de semilla.

Cuadro 9. Porcentaje de vigor durante la fase post-producción de la semilla de maíz proveniente de dos lotes de un productor independiente de Cantarranas, Francisco Morazán, Honduras, 1999. \*

Etapa post-producción	Vigor (%)	
	Lote 1	Lote 2
Recibo	93 a	93 a
Secado	89 b	91 a b
Desgrane	87 b	88 b

\* Promedios seguidos con letra diferente son significativamente diferentes ( $P \leq 0.05$ )

También se encontró que no hubo diferencia significativa en el porcentaje de germinación entre la etapa de secado y desgrane. La buena calibración de la desgranadora probablemente contribuye al mantenimiento de la calidad de la semilla durante el desgrane ya que no causa daños mecánicos al producto.

## **5. CONCLUSIONES**

1. En este estudio la época de cosecha, operaciones de desgrane, secado y acondicionamiento fueron los componentes de manejo que demostraron un efecto en la calidad fisiológica de la semilla de frijol.
2. Las mayores reducciones de la calidad fisiológica para la semilla de frijol, en términos de germinación y vigor se presentaron en la fase de desgrane.
3. En la fase de acondicionamiento, se obtuvo una mejora en la calidad de la semilla de frijol.
4. El tiempo óptimo para cosechar en la época de verano la semilla de frijol es de 7-10 días después de la madurez fisiológica.
5. En este estudio el secado y acondicionamiento fueron los componentes de manejo que demostraron un efecto en la calidad fisiológica de la semilla de maíz después de su recibo.
6. La etapa de secado fue donde se observó una mayor disminución de la germinación y vigor de la semilla de maíz.

## **6. RECOMENDACIONES**

1. Cosechar el frijol producido en la época de verano entre 7-10 días después de la madurez fisiológica.
2. Mantener una supervisión constante de la máquina combinada durante el desgrane de frijol para evitar pérdidas por derrame y daño mecánico.
3. Continuar con la supervisión cuidadosa del funcionamiento y la calibración de la máquina gravimétrica y la criba durante el acondicionamiento.
4. Capacitar a los trabajadores de la planta de acondicionamiento encargados de las operaciones de secado sobre la importancia que tienen en el tiempo de secamiento la regulación de la temperatura y humedad relativa del aire usado.
5. Validar estos resultados con la producción de semilla de frijol en la época de postrera.

## 7 BIBLIOGRAFIA

- BEKENDAM, J.; GROB, R. 1979. Handbook for seedling evaluation. 2 ed. Zurich, The international seed testing association. p. 4-18.
- CAMACHO, F.M. 1994. Dormición de Semillas, Causas y Tratamientos. México D.F., Trillas. p. 9-14.
- COPELAND, L.O. 1976. Principles of Seed Science and Technology. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota. sp.
- CROOKSTON, R.K.; HILL, P.S. 1978. A visual indicator of the physiological maturity of soybean seed. Crop Sci. 18:867-870.
- DEBOUCK, D.G.; HIDALGO, R. 1985. Morfología de la Planta de Frijol Común. Traducido al inglés por M. López, F. Fernández, A.V. Shoonhoven (ed.). Frijol: Investigación y producción. Cali, Colombia, CIAT. p. 61-78.
- DELOUCHE, J.C. 1969. Prueba de Germinación. En Memoria sobre Tecnología de Semillas realizados en América Latina. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. p. 247-263.
- DIEHL, R.; BOX, J.M. 1985. Fitotecnia General. 2<sup>da</sup> ed. Madrid, España, Mundi Prensa. 817 p.
- ESPINAL, R. 1999. Notas de clases de Tecnología de Granos y Semillas. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Hond. sp.
- GARNER, R. 1978. The propagation of tropical fruit trees. Londres. 566 p.
- JUGENHEIMER, R.W. 1981. Maíz. Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Trad. del inglés por Rodolfo Piña García. México, D.F., Limusa. p. 607-639.
- LOPEZ, L.C.; CHRISTENSEN, C.M. 1962. Efecto del ataque de hongos en el frijol almacenado. Agricultura Técnica de México 2(1):33-37.
- MARTINEZ, F.A. 1988. Algunos aspectos en el desarrollo y la maduración de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Tesis Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 38 p.

- OIRSA (Organización Internacional Regional Sanidad Agropecuaria); Banco Mundial. 1999. Memoria Segundo Taller de Trabajo "Armonización Regional de Certificación de Semillas". Banco Mundial, Panama. sp.
- OSBORNE, D.J.; JACKSON, M.B. 1972. Physiological properties of abscission accelerator from senescent leaves. *Nature New Biology* 240:98-101.
- POSTCOSECHA. 1997. Estructura de los Cereales y Leguminosas. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). p. 1-3.
- SALGADO, L.J. 1989. Evaluación del deterioro de la semilla de maíz (*Zea mays* L.) H-27 después de madurez fisiológica. Tesis Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Hond. 59 p.
- SEED PHYSIOLOGY. 1984. Notes on Seed Deterioration. Department of Agronomy. Mississippi State University. sp.
- SERNA, S.O. 1996. Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. México, D.F. A. G. T. p. 37-130.
- TURCIOS, C.W. 1988. Determinación de calidad en semilla de maíz (*Zea mays* L.) y su efecto en el comportamiento de variedades de Centroamérica y El Caribe. Tesis Ingeniero Agrónomo. La Ceiba, Honduras. 57 p.
- USDA (United States Department of Agriculture). 1962. Semillas. Trad. por Antonio Marino y Pánfilo Rodríguez. México, DF., Continental. p. 537-625.

## 8. ANEXOS

Anexo 1. Requisitos mínimos de control de calidad en semilla certificada y comercial en Honduras.

Requisito	Maíz		Frijol	
	Certificada	Comercial	Certificada	Comercial
Semilla pura (%)	98	97	97	97
Semilla de otras variedades (sem/kg)	0	3	2	10
Semilla de otros cultivos (sem/kg)	3	6	3	4
Humedad (%)	14	14	14	14
Germinación (%)	85	85	80	80
Daño por hongos (%)	2			
Daño por pilado (%)	2		2	3
Semillas malezas (sem/kg)	0	0	2	4

Anexo 2. Análisis de varianza (ANDEVA) del porcentaje de humedad, germinación y vigor en la semilla de frijol y maíz realizado en Zamorano, Honduras, 1999.

Variable	R <sup>2</sup>		C.V.		Promedio		Probabilidad	
	Frijol	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol	Maíz	Frijol	Maíz
Humedad	0.9999	0.9999	0.706	0.373	22.80	17.92	0.0001	0.0001
Germinación	0.9175	0.7197	1.442	2.042	89.26	91.22	0.0001	0.1296
Vigor	0.9214	0.7865	1.473	1.857	87.74	90.22	0.0001	0.0547

CV=Coficiente de Variación.

Anexo 3. Características generales del frijol Tio Canela-75.

Característica	
Hábito de crecimiento	Arbustivo indeterminado con guía corta
Altura de planta	50 cm aproximadamente
Días a floración	36-38 días
Color de la flor	Blanca
Días a madurez fisiológica	66-68 días
Días a cosecha	75 días
Nº vainas/planta	29 (promedio)
Color del grano	Rojo brillante

Fuente: Programa de Investigaciones en Frijol (PIF), Departamento de Agronomía, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 1996.

Anexo 4. Temperatura promedio (°C) y humedad relativa (%) en Zamorano durante el desarrollo del estudio 1999.

Mes	Temperatura promedio (°C)	Humedad Relativa (%)
Enero	23.5	-
Febrero	23.0	-
Marzo	25.5	-
Abril	27.3	-
Mayo	26.8	-
Junio	25.1	-
Julio	24.0	78.8
Agosto	24.3	82.1
Septiembre	24.4	84.9
Octubre	22.9	85.6

Anexo 5. Precipitación (mm) de Santa Inés y Colindres durante los meses de julio, agosto, septiembre y octubre de 1999, Zamorano, Honduras.

Día	Julio		Agosto		Septiembre		Octubre	
	Santa Inés	Colindres	Santa Inés	Colindres	Santa Inés	Colindres	Santa Inés	Colindres
1.0	26.2	4.8		0.0	32.2	23.4	10.4	13.0
2.0	5.8	6.6		5.2	37.4	35.4	1.0	0.4
3.0	16.6	11.8		0.0	0.0	0.0	1.4	0.8
4.0	0.0	0.6		2.8	9.2	4.4	0.0	0.0
5.0	6.2	2.6		11.6	0.0	0.0	0.0	4.0
6.0	4.6	3.0		3.0	0.0	0.0	2.6	4.0
7.0	0.0	0.0		10.2	2.4	3.0	0.0	0.0
8.0	0.0	0.0		0.0	12.4	18.4	1.6	4.0
9.0	0.0	0.0		1.2	4.0	4.0	7.0	5.5
10.0	14.2	20.8		7.6	20.4	15.4	3.3	9.0
11.0	10.8	15.4		14.6	16.4	11.0	3.0	14.0
12.0		4.0		0.0	3.8	4.0	5.0	9.0
13.0		0.0		0.0	5.8	5.0	0.0	0.0
14.0		1.8		0.0	2.4	1.2	19.6	9.0
15.0		0.0		5.2	7.4	12.2	13.0	17.0
16.0		5.6		15.0	0.0	0.0	7.6	0.0
17.0		0.0		39.4		8.8		12.4
18.0		0.0		0.0	33.0	23.0		16.2
19.0		9.8		0.0	2.4	1.8	38.4	52.0
20.0		1.2		0.0	0.0	0.0	15.6	25.0
21.0		7.8		1.8	4.0	5.0	2.2	5.5
22.0		4.8		0.0	18.4	16.4	0.0	0.0
23.0		0.0		0.8	34.0	32.0	0.2	0.2
24.0		0.0		0.0		8.6	0.0	0.0
25.0		2.2		27.6	0.0	0.0	0.0	0.0
26.0		0.0	27.6	26.8	0.0	0.0	0.0	0.0
27.0		0.0	1.0	2.4	1.0	1.0	0.0	0.0
28.0		0.3	1.0	1.6	14.2	13.0	0.0	0.0
29.0		0.0	0.3	0.3	10.6	10.4	0.0	0.0
30.0		38.8	0.0	0.0	6.6	6.6	3.4	2.8
31.0		1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>TOTAL</b>	84.4	143.5	29.9	177.1	278.0	264.0	135.3	203.8
<b>PROMEDIO DIARIO</b>		4.6	5.0	5.7	9.3	8.8	4.7	6.6

**NOTA:**

1. Los datos se toman todos los días a las 7:00 am.
2. Espacios en blanco significan que los datos no estuvieron disponibles

Anexo 6. Contenido mínimo de humedad para la proliferación de hongos principales de almacén.

<b>Especie de hongo</b>	<b>Contenido mínimo de humedad (%)</b>
<b>Aspergillus restrictus</b>	13.5
<i>Aspergillus glaucus</i>	14.0
<i>Aspergillus candidus</i>	15.0
<i>Aspergillus ochraceus</i>	15.0
<i>Aspergillus flavus</i>	16.5
<i>Penicillium spp.</i>	16.5-19.0

Anexo 7. Tiempo máximo (días) de almacenamiento de maíz desgranado a diferentes contenidos de humedad del maíz y temperaturas del aire.

Temperatura del aire de almacenamiento (°C)	Contenido de humedad del maíz (%)			
	15	20	25	30
24	116	12.1	4.3	2.6
21	155	16.1	5.8	3.5
18	207	21.5	7.8	4.6
15.5	259	27.0	9.6	5.8
10	466	48.0	17.0	10.0
4	906	94.0	34.0	30.0

Anexo 8. Contenido de humedad de equilibrio del maíz (%).

Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)				
	60	65	70	75	80
24	12.5	13.3	14.1	15.0	16.1
26	12.3	13.1	13.9	14.9	15.9
28	12.2	12.9	13.8	14.7	15.8
30	12.0	12.8	13.6	14.6	15.6
32	11.9	12.6	13.5	14.4	15.5