

Evaluación del deterioro de la Semilla
de Maíz (Zea mays L.) H-27 despues
de Madurez Fisiológica

P O R

Leslie Jeaneth Salgado Artica

T E S I S

PRESENTADA A LA
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION
DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

El Zamorano, Honduras
Abril, 1989

BIBLIOTECA WILSON POPENO
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

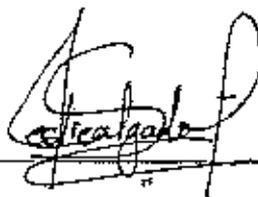


EVALUACION DEL DETERIORO DE LA SEMILLA
DE MAIZ (Zea mays L.) H-27 DESPUES DE
MADUREZ FISIOLOGICA

Por:

LESLIE JEANETH SALGADO ARTICA

El autor concede a la Escuela Agrícola
Panamericana permiso para reproducir y
distribuir copias de este trabajo para
los usos que considere necesarios. Para
otras personas y otros fines, se reservan
los derechos del autor.



Leslie Jeaneth Salgado Artica

Abril de 1989

DEDICATORIA

A Dios Todo poderoso por haberme iluminado y darme la sabiduría necesaria para realizar este trabajo y poder seguir adelante guiándome siempre por el camino del bien con su luz divina.

A mis queridos padres, Adelina de Salgado y José Augusto Salgado por darme todo su amor, apoyo y comprensión en todo momento.

A mis hermanos, Miriam y César por todo su cariño.

A mis primos Orlando, Carmen, Anibal, Geral y Leonardo.

A mis tías y abuelos por darme sus buenos consejos y poder seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer de todo corazón a José A. Perdomo por haberme brindado los conocimientos necesarios para la realización de este trabajo, los cuales me sirvieron como base en mi carrera y también por su gran amistad para conmigo. Al igual quiero agradecer al Dr. Leonardo Corral por la toda la confianza que deposito en mi y la colaboración en este trabajo y a Raúl Espinal por toda su ayuda y amistad brindada.

A Camilo Valerio por haberme brindado su ayuda incondicional en el laboratorio de semillas y su gran amistad.

A mis queridos amigos, Zoilita, Emma, Hypatia, Curry, Alex, Ramiro, Jaime, y Laura por haberme dado todo su apoyo, comprensión, cariño y haber compartido juntos momentos de alegría y tristeza que jamás olvidaré. Los quiero mucho.

A mi Chesemi Jayo por darme todo su cariño y su linda amistad. Y a todas aquellas personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo en todo momento para llevar a cabo mi trabajo, en especial a Isbela, Noemí y Vilma por su ayuda incondicional.

Gracias de todo corazón ;

INDICE

Título	i.
Dedicatoria	ii.
Agradecimiento	iii.
Indice	iv.
Indice de Cuadros	v.
Indice de Figuras	vi.
Indice de Anexos	vii.
Compendio	viii.
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
A. Concepto de la Semilla e Importancia	3
B. Desarrollo y Formación de la Semilla	3
C. Anatomía de la Semilla de Maíz	6
D. El Deterioro en las Semillas.....	6
E. Síntomas del Deterioro de las Semillas	7
F. Síntomas Visibles del Deterioro.	12
G. Causas del Deterioro de las Semillas.	13
H. Cambios que Ocurren en la Semilla.	
Durante el Deterioro	16
I. Métodos para Evaluar la Calidad	
de la Semilla	17
1. Análisis de Germinación.	17
2. Análisis de Vigor.	20

III. MATERIALES Y METODOS	27
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	38
V. CONCLUSIONES	54
VI. RECOMENDACIONES	54
VII. LITERATURA CITADA.	57
VIII. ANEXOS.	59
Datos Biográficos del Autor	60
Aprobación	61

INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Cuadrados medios para las variables de germinación, vigor, rendimiento, densidad y semillas con hongo en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.	39
Cuadro 2. Separación de medias para la variable germinación en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.	41
Cuadro 3. Separación de medias para la variable vigor en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.	42
Cuadro 4. Separación de medias para la variable densidad (peso Bushel) en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.	45
Cuadro 5. Separación de medias para la variable semillas con hongos en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.	46
Cuadro 6. Cuadrados medios para las variables de germinación, vigor, rendimiento, densidad y semillas con hongos en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.	48
Cuadro 7. Separación de medias para la variable germinación en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.	47
Cuadro 8. Separación de medias para la variable vigor en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.	50
Cuadro 9. Separación de medias para la variable densidad en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.	51

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Secuencia de eventos que ocurren durante el desarrollo y deterioro de la semilla.....	5
Figura 2. Progresos del deterioro de la semilla y sus posibles efectos o consecuencias.....	8
Figura 3. Representación esquemática de la relación entre la germinación y vigor.....	25
Figura 4. Representación esquemática de la regresión lineal de germinación y vigor de la semilla obtenida en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.....	40
Figura 5. Representación esquemática de los porcentajes de germinación obtenidos en ambos lotes. El Zamorano, Honduras, 1988.....	42
Figura 6. Representación esquemática de los porcentajes de vigor obtenidos en ambos lotes después de la madurez fisiológica. El Zamorano, Honduras, 1988.....	44
Figura 7. Representación esquemática de la regresión lineal de germinación y vigor de la semilla obtenida en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.....	49
Figura 8. Representación esquemática de las diferencias obtenidas entre germinación y vigor en ambos lotes. El Zamorano, Honduras, 1988.....	53

INDICE DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1. Precipitación total (mm) durante el periodo de mayo hasta noviembre, 1988.	
El Zamorano, Honduras, 1988.	59

COMPENDIO

El presente trabajo se realizó en los lotes 6 y 7, asignados para la producción de semilla de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) durante 1988. El objetivo de este trabajo fue evaluar como la calidad de la semilla se va deteriorando a medida que la época de cosecha se aleja de la madurez fisiológica, donde las condiciones ambientales por lo general son desfavorables para mantener la calidad de la semilla.

El material genético usado fue el híbrido de maíz H-27, el cual fue sembrado en dos fechas: 20 de mayo para el lote 6, y el 18 de junio en el lote 7. A partir de la madurez fisiológica se comenzó la cosecha durante cada semana hasta llegar a la quinta semana después de madurez fisiológica. Para cada tratamiento (Fechas de Cosecha) se evaluaron cinco variables: germinación, vigor, rendimiento, densidad y semillas con hongos.

De acuerdo con el análisis de varianza, se obtuvieron resultados significativos ($P \leq 0.01$) para la variables de germinación, vigor y densidad.

Se encontró que tanto la germinación como el vigor se mantuvieron estadísticamente similar en la madurez fisiológica y en la 1-SDMF, pero a partir de la 2-SDMF las medias entre los tratamientos restantes fueron menores, obteniéndose

una respuesta lineal descendente de acuerdo a los contrastes realizados. No se encontró diferencias significativa ni respuesta lineal para la variable de rendimiento. En cambio para la variable de densidad si se encontró diferencias significativa, pero ésta no reflejó el deterioro en la semilla debido al contenido de humedad al momento de la evaluación de acuerdo a la separación de medias. Y para la variable semillas con hongos, no se encontró diferencias significativas entre tratamientos en ambos lotes, únicamente respuesta lineal en el lote 6 debido a que las condiciones fueron desfavorables encontrándose el tratamiento 2-SDMF con mayor incidencia de hongos.

Por lo tanto se concluye que los niveles de deterioro son mínimos en las tres primeras semanas a partir de la madurez fisiológica, a partir de la segunda semana el deterioro fue aumentando a medida que la época de cosecha se alejaba de la madurez fisiológica, por lo tanto la cosecha debe realizarse en las tres primeras semanas para obtener semilla de alta calidad. Debe tomarse en cuenta la fecha de siembra, de manera que la época de cosecha coincida en meses secos, ya que el deterioro en la semilla es mínimo.

I. INTRODUCCION

El alimento es un factor limitante para los seres vivientes, y la lucha constante para obtenerlos es una característica biológica de los organismos. El aumento demográfico de la población humana exige cada día mayores volúmenes de granos que hará satisfacer las necesidades alimenticias e industriales de la humanidad. En muchos países, la gente aumenta más rápidamente que los alimentos que demanda para subsistir, produciendo este fenómeno, carencias muy serias que repercuten en la nutrición del pueblo.

Muchas de las prácticas empleadas en las siembras comerciales de maíz se efectúan en la producción de semilla, que se pretende sea de alta calidad. Una de las preguntas que se hace todo productor tiene relación con el tiempo de cuándo iniciar la cosecha de la semilla. La época en que se haga la recolección tendrá influencia en el porcentaje de pérdidas y la calidad de la semilla obtenida. Sin embargo, la decisión de comenzarla está íntimamente relacionada con la madurez fisiológica de la semilla, definida como la etapa de desarrollo en que ésta ha alcanzado su máximo peso seco, o sea cuando la semilla logra su mayor vigor y germinación (Barillas, 1981).

Ambas características junto con la humedad de la semilla, tiende a decrecer a partir de dicho punto. La velocidad

con que ello ocurra dependerá del manejo que reciba la semilla posteriormente. También existen factores que influyen en la madurez tales como la variedad, la temperatura, época de siembra, la fertilización, etc.

Hoy se reconoce que una innecesaria demora en la cosecha contribuye considerablemente al deterioro del producto. La demora en la cosecha después de la madurez fisiológica, es considerada como almacenar semillas en el campo, donde las condiciones son usualmente desfavorables (Delouche, 1969 a).

Las semillas alcanzan su más alta germinación y más alto grado de vigor al mismo tiempo que su madurez fisiológica en el campo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar cómo la calidad de la semilla se va deteriorando a medida que la época de cosecha se aleja de la madurez fisiológica, cuando las condiciones ambientales por lo general no son favorables para mantener la calidad de la semilla.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

A. Concepto de la Semilla e Importancia

Por definición botánica podemos decir que semilla es el resultado de la fertilización, desarrollo y maduración del óvulo; una semilla esta formada por un embrión, que se desarrolla en plántula durante la germinación, un tejido nutritivo (endospermo en la mayoría de los casos) y una cubierta protectora o testa que cubre ambos (Bekendan y Grob, 1979)

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, tiene funciones específicas tales como:

- a. Transferir las características genéticas de generación en generación.
- b. Es un sistema eficaz que provee nutrientes y productos biosintéticos para iniciar la germinación y el desarrollo de una nueva planta.
- c. Es un medio de reproducción y dispersión (Turcios, 1988)

B. Desarrollo y Formación de la Semilla

El conocimiento y la correcta interpretación de los procesos de formación, desarrollo, maduración y deterioro de la semilla son muy importantes en la producción y acondiciona

miento de las semillas de cualquier cultivo. Los eventos más notables e importantes desde la fecundación hasta el deterioro de la semilla se presentan en la figura 1 y se describen a continuación:

a. Tamaño de la semilla

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 su 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 el punto de madurez fisiológica. Sin embargo la máxima germinación se logra una vez alcanzada esta etapa.

LOS PELIGROS DE LA CALIDAD DE LA SEMILLA

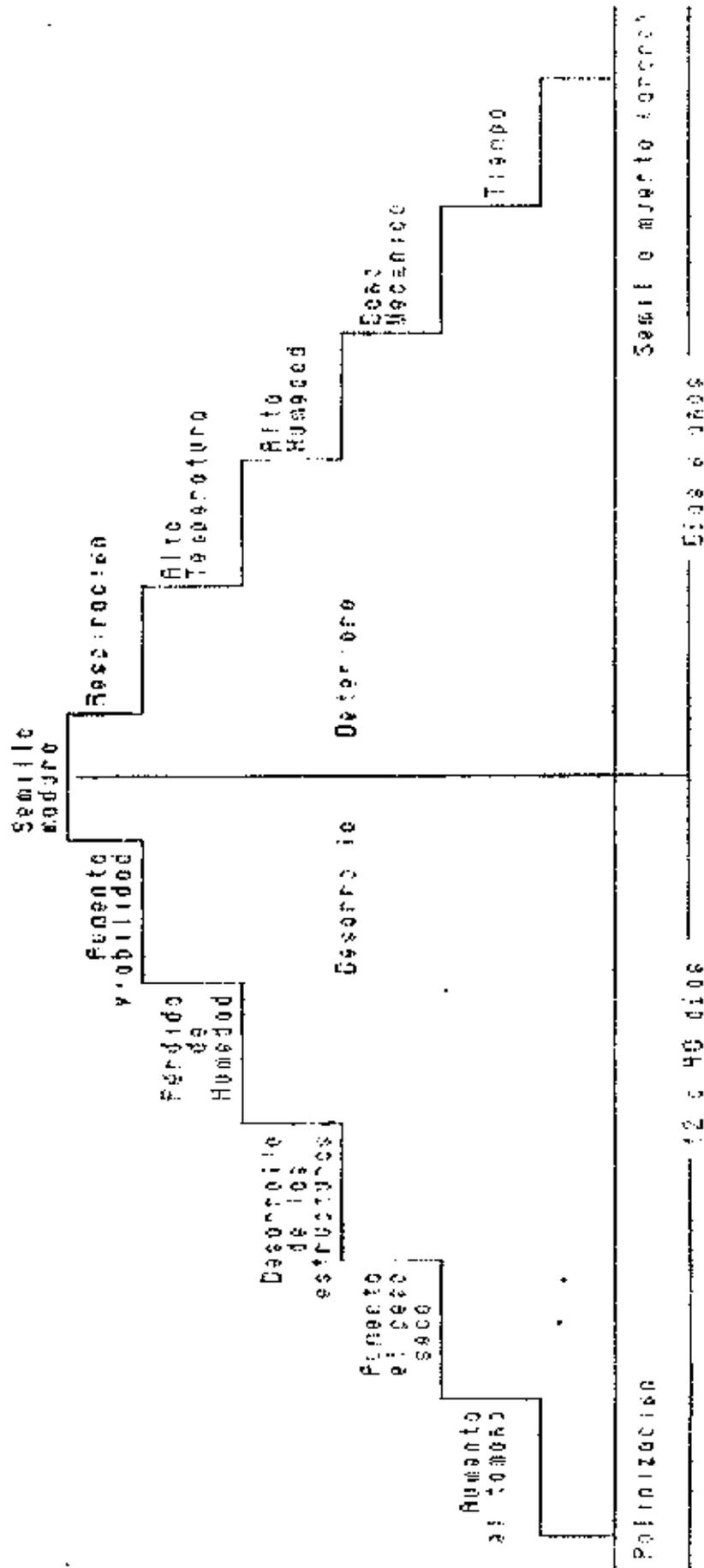


Figura 1. Secuencia de eventos que ocurren durante el desarrollo y deterioro de la semilla (Turcios, 1988).

C. Anatomía de la Semilla de Maíz

En general, la semilla de maíz esta formada por tres partes principales :

- a. Capa protectora o complejo pericarpio - testa.
- b. Tejido de soporte (endospermo y cotiledón -escutelum-)
- c. Eje embrionario, el cual está compuesto por un coleóptilo, plúmula, raíces seminales, radícula y coleorriza (Turcios, 1988).

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 función del endospermo es de proveer nutrientes, energía y productos biosintéticos necesarios para iniciar la germinación y promover así el desarrollo inicial de la plántula. 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 (Copeland, 1976).

D. El Deterioro en la Semilla

El deterioro de la semilla probablemente no difiere con la degeneración o senescencia de algún material biológico.

El deterioro de la semilla comprende todos los cambios progresivos detrimentales que ocurren en la semilla hasta su muerte (Seed Physiology, 1984).

El deterioro de la semilla y el vigor de ésta, están

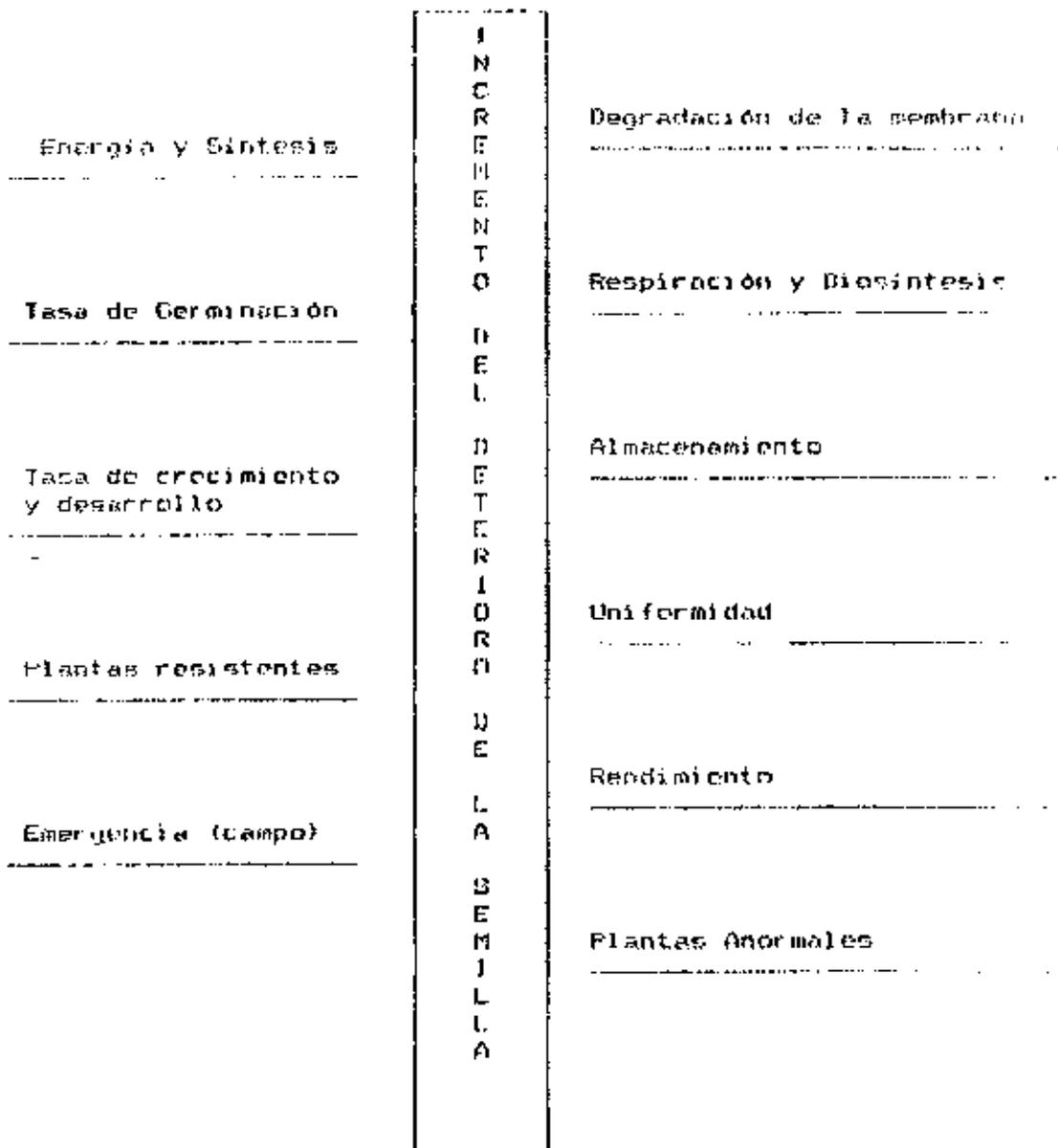
intimamente relacionados, así cuando el deterioro aumenta el vigor decrece.

El proceso de deterioro de la semilla se caracteriza por ser un proceso:

- a. Inexorable
- b. Irreversible
- c. Es menor cuando la semilla llega a su madurez fisiológica.
- d. La tasa de deterioro varía entre especies, entre variedades dentro de la misma especie, entre lotes de semilla de una 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 está muerto (Seed Physiology, 1984).

E. Síntomas del deterioro en la Semilla

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 como síntomas sólo pueden ser medidos por técnicas sofisticadas. La Figura 2, muestra la probable secuencia de los cambios del deterioro de la semilla; algunos de estos cambios pueden ser medidos por pruebas de vigor, otros pueden ser detectados únicamente por análisis bioquímicos (Copeland, 1976).



Pérdida de Germinación

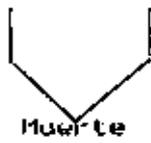


Figura 2. Progresos del Deterioro de la Semilla y sus posibles efectos o consecuencias (Copeland, 1976).

1. Síntomas Fisiológicos del Deterioro

1.1 Pérdida de la actividad enzimática

La prueba más sensitiva para medir el deterioro de la semilla son aquellos 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 Acido Glutámico Descarboxilasa (Copeland, 1976). La pérdida de la actividad enzimática se resume en los siguientes pasos:

- a. La actividad enzimática decrece y el proceso de deterioro aumenta.
- b. La actividad de las deshidrogenasas decrece con el deterioro.

Las deshidrogenasas son las que intervienen en la prueba de Tetrazolium.
- c. La actividad del ácido glutámico descarboxilasa decrece con el deterioro.
- d. La actividad de varias oxidasas (catalasa, peroxidasas y fenolasas) pueden estar asociadas con el proceso de deterioro de la semilla.
- e. La actividad de la amilasa decrece con el deterioro de la semilla (Seed Physiology, 1984).

1.2 Degradación de las membranas celulares

Otro sintoma del deterioro de la semilla se relaciona con la degradación de las membranas celulares, especialmente en los mitocondrios, lo que provoca una reducción en la eficiencia del mecanismo respiratorio, esto nos indica que (Seed Physiology, 1984):

- a. Hay una evidencia indirecta de la pérdida del control de permeabilidad por membranas celulares o subcelulares de la semilla considerados como uno de los primeros efectos de deterioro.

- b. 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.

- c. 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 permeabili-

dad del protoplasma (tasa y cantidad de exudados) está íntimamente relacionada con la viabilidad de la semilla, la predisposición de la semilla y la plántula a enfermedades.

1.3 Reducción en la respiración y biosíntesis

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 ocurren los siguientes cambios (Seed Physiology, 1984):

- a. La eficiencia fosforilativa es reducida.
- b. La tasa del metabolismo de glucosa es reducida.
- c. La tasa de la respiración disminuye existiendo un incremento en la producción de CO₂ y una disminución en el consumo de O₂.

1.4 Incremento de exudados en la semilla

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 refle

jan el grado de degradación de las membranas de la semilla.

La concentración de exudados puede ser medida por métodos de conductividad eléctrica y también determinando el contenido de azúcar soluble.

1.5 Incremento de ácidos grasos

La causa principal en el incremento de ácidos grasos libres en la semilla es en general debido a la presencia de microorganismos. La invasión fungal es una de las más 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 ésta (Seed Physiology, 1984).

F. Sintomas Visibles del Deterioro

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 (Copeland, 1976).

Otro síntoma del deterioro en la semilla es una disminución en la resistencia al estrés ambiental durante la germina

ción 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.

Otro efecto del deterioro de la semilla es la reducción en el potencial de rendimiento o producción (Copeland, 1976).

6. Posibles Causas del Deterioro.

Un entendimiento de los factores fundamentales que inducen los síntomas del deterioro es esencial en el estudio del deterioro de las semillas (Copeland, 1976). 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. Entre las causas más comunes tenemos:

1. Agotamiento de Reservas Alimenticias

Esta 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 (Copeland, 1976).

2. Inanición de células meristemáticas

Esta teoría fue introducida por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) en 1971. Esta teoría explica que la respiración podría agotar los compuestos involucrados en la transferencia de nutrientes evitando que éstos lleguen al embrión (Copeland, 1976).

3. Acumulación de compuestos tóxicos

En 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 transplantados a endospermos jóvenes y embriones jóvenes a endospermos viejos, se observó una progresiva declinación en la germinación y vigor de ambos transplantes, indicando una gradual acumulación de compuestos tóxicos. La presencia de ácido abscísico - un inhibidor de la germinación - en muchas semillas refuerzan esta teoría como una probable causa de deterioro (Copeland, 1976).

4. Inactivación de Enzimas

Esta teoría dice que la pérdida de viabilidad es una consecuencia de la disminución en la actividad enzimática, la cual juega un papel importante en los procesos que ocurren durante la germinación.

5. Ataque de Hongos

Los hongos pueden 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).

6. Acumulación de Mutaciones

Turcios (1988), propone como causa del deterioro la acumulación de sustancias capaces de inducir mutaciones en los genes de la semilla almacenada.

7. Degradación de Ácidos Nucléicos

La pérdida de adenina y guanina de la molécula del ADN debido al efecto de la temperatura y la humedad, es considerado como una causa del deterioro en las semillas (Turcio, 1988).

8. Radiación Ionizante

Se notó que en condiciones de almacenamiento, al aumen-

tar las dosis de radiación sobre las semilla, se acelera considerablemente el proceso de deterioro, causando una pérdida en la germinación (Turcios, 1968).

Varios de los mecanismos mencionados anteriormente actúan bajo condiciones diferentes o pueden contribuir parcialmente al deterioro.

H. Cambios que ocurren en la Semilla durante el Deterioro

A medida que la semilla se deteriora, ocurren cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos. Según Delouche (1969 a), la secuencia de eventos que ocurren se pueden delinear de la forma siguiente:

1. Degradación de la membrana celular y los consecuentes cambios en la permeabilidad de la misma.
2. Deterioro en los mecanismos de biosíntesis.
3. Reducción de la respiración y la biosíntesis.
4. Reducción en el potencial de almacenamiento.
5. Desarrollo lento de la plántula.
6. Reducción en la uniformidad del crecimiento y desarrollo entre las plantas de la misma población.
7. Aumento de la susceptibilidad a las condiciones adversas del ambiente.
8. Reducción en el crecimiento y el desarrollo de las plántulas.
9. Reducción en el potencial de establecimiento de una adecuada población de plantas.

10. Aumenta el porcentaje de plántulas anormales.
11. Pérdida de la germinación.
12. Muerte de la semilla; ésta es la última consecuencia del deterioro.

I. Métodos para Evaluar la Calidad de la Semilla

1. Análisis de Germinación

A través de la prueba de germinación se mide la habilidad de las semillas para producir plántulas normales bajo condiciones favorables de temperatura, humedad y oxígeno (Delouche, 1969 b). Los métodos y procedimientos específicos para la prueba de germinación se prescriben en las reglas Internacionales para ensayos de semillas (ISTA), dado que las diferentes clases de semillas varían en sus requerimientos óptimos para germinar (Delouche, 1969 b).

Proceso de germinación

La germinación es un proceso de cambio; el cambio de una pequeña estructura inactiva viviendo con un abastecimiento mínimo, a una planta que crece activamente, destinada a llegar a la autosuficiencia antes que los materiales de reserva se terminen (Duffus y Slaughter, 1988).

Según Delouche (1969 b), el proceso de germinación se puede caracterizar en términos de tres fases separadas pero no siempre distintas:

a. Absorción de humedad

La primera fase del proceso de germinación es la absorción de agua (imbibición), aunque, por supuesto, esto puede tener éxito sólo cuando la temperatura está en un rango apropiado. La absorción de agua es necesaria para la hidratación de las células y para proveer una adecuada humedad que acelere las actividades metabólicas (Delouche, 1969 b). Las semillas de cereales y otras Poaceas necesitan un contenido de humedad entre un 30 a 35% para la germinación, mientras que semillas de las Fabaceas requieren un contenido de humedad que puede variar de 50 a 55%.

Con un abastecimiento óptimo de humedad, las semillas alcanzan el nivel requerido para germinar dentro de 24 horas.

La absorción del agua es un proceso físico - químico y se realiza más rápidamente a altas temperaturas (Delouche, 1969 b).

b. Movilización del alimento dentro de la semilla

Cuando el nivel de hidratación de la semilla se incrementa bajo una temperatura favorable se inician ciertas reacciones enzimáticas. Estas reacciones involucran la transformación de las reservas alimenticias complejas, insolubles, no difusibles (carbohidratos, lípidos, proteínas) a formas simples, solubles y difusibles. Este desplazamiento de los compuestos simples, a las regiones metabólicas activas del embrión y la subsecuente respiración provee de la energía necesaria y de los componentes estructurales para el creci-

miento y la diferenciación (Delouche, 1969 b).

c. Crecimiento y diferenciación

El crecimiento del embrión, como la visible evidencia de la germinación, es una consecuencia tanto del alargamiento como de la división de la célula. La división celular se inicia generalmente en los meristemas de la semilla 24 horas después de empezar la absorción de agua. Al desarrollarse el retoño, el contenido de humedad aumenta hasta cerca de un 85% (Delouche, 1969 b).

La transición de una fase a otra, depende de la aparición de una serie de enzimas hidrolíticas, en las reservas alimenticias, como respuesta al crecimiento del embrión (Duffus y Slaughter, 1988).

Requerimientos generales para la germinación

Hay tres requerimientos generales para la germinación en las mayoría de las semillas. Estos son:

1. Humedad

La humedad es suministrada a través del sustrato. Debe evitarse una excesiva humedad para no interferir con la correcta aireación de las semillas.

2. Temperatura favorable

Los requerimientos de temperatura varían de acuerdo al tipo o clase de semilla. La temperatura óptima es aquella a la cual se obtiene una máxima germinación

en un mínimo de tiempo.

3. Oxígeno adecuado

Rara vez el oxígeno es el factor limitante en las pruebas de germinación, a no ser que haya una excesiva cantidad de agua en el sustrato que restrinja la aireación.

2 .Análisis de Vigor

Las pruebas de vigor de la semilla fueron desarrolladas con el propósito de determinar la verdadera capacidad de la semilla como material de siembra y así reducir las pérdidas por bajas poblaciones. Una prueba de germinación se realiza bajo condiciones favorables, por lo que existe siempre la posibilidad de que las semillas deterioradas logren germinar y producir una plántula normal aunque débil. Según Delouche (1969 b), la capacidad de germinar es lo último que se pierde durante el proceso de deterioro, lo cual está precedido por una serie de cambios físicos, fisiológicos y bioquímicos que afectan el vigor de la semilla.

El vigor es definido como el potencial para una rápida y uniforme germinación y emergencia de las plántulas bajo una amplia gama de condiciones (Copeland,1976).

Los siguientes incisos definen la manifestación de un buen vigor en la semilla, plántulas y plantas:

1. Alta velocidad de germinación.
2. Uniformidad de la germinación y desarrollo de las plantas bajo condiciones adversas.
3. Habilidad para emerger en suelos fríos e infestados con patógenos.
4. Desarrollo morfológico normal de las plántulas.
5. Buen comportamiento de la semilla en el almacenamiento bajo condiciones óptimas y adversas (Copeland, 1976).

Causas de la Pérdida de Vigor

Heydecker (1972), clasifica las posibles causas de la pérdida de vigor en:

1. Genéticas

El genotipo de las plantas determina su vigor, existiendo diferencias entre diferentes especies, variedades y diferencias dentro de una misma variedad; por lo tanto existen especies más susceptibles al deterioro que otras cuando las condiciones son adversas.

2. Fisiológicas

La pérdida de vigor puede ser debido a la inmadurez de la semilla o al deterioro después de la madurez fisiológica.

3. Citológicas

La pérdida de vigor se puede deber a la rotura o

aberraciones cromosómicas dentro de las células que forman la semilla.

4. Mecánicas

El daño mecánico de la semilla puede causar quebraduras y fisuras, las cuales pueden facilitar la entrada de microorganismos o reducir la semipermeabilidad de las membranas.

5. Microbióticas

Durante la maduración y almacenamiento de la semilla puede haber crecimiento de microorganismos tanto externos como internos que pueden provocar la pérdida del vigor.

Entre los métodos más usados para medir el vigor de las semillas tenemos (Copeland, 1976):

Prueba de Frío

La prueba de frío es una de las más viejas y aceptadas pruebas de vigor para semillas. Muchos estudios han demostrado su cercana asociación con la emergencia de maíz en el campo, otros han mostrado su uso en cultivos como soya, algodón, cebolla, zanahoria y sorgo. La prueba de frío, además de evaluar el potencial de la semilla puede usarse para

(Association of Official Seed Analyst (AOSA), 1983):

- a. Evaluar la eficacia de herbicidas.
- b. Selección de material genético.
- c. Evaluar el deterioro fisiológico.
- d. Medir el efecto del daño mecánico.

- e. Selección de lotes de semillas.
- f. Evaluación de la calidad de la semilla.

Principio de la Prueba de Frío

La prueba de frío está diseñada para medir la habilidad que tienen las semillas de germinar bajo un grupo de condiciones adversas tales como alto contenido de humedad en el suelo, bajas temperaturas, y mucha actividad microbiana (AOSA, 1983). Las condiciones de humedad y temperatura provistas en la prueba de frío, asemejan las condiciones adversas que uno podría esperar encontrar en el campo. La prueba de frío, usualmente representa la más baja germinación que podría esperarse de un lote cuando es sembrado bajo condiciones satisfactorias. Cuando la germinación obtenida en la prueba de frío está muy cerca de aquella obtenida en la prueba normal de laboratorio, el lote de semillas envuelto podría esperarse que germine bien sobre un amplio rango de humedad del suelo y temperatura.

La habilidad de la semilla para germinar en el suelo húmedo y frío está afectada por el genotipo, daño mecánico, tratamiento a la semilla y condiciones fisiológicas. La prueba de frío mide el efecto combinado de estos factores y probablemente otros. En la Figura 3 se muestra la relación que existe entre la germinación y vigor en el deterioro de la semilla.

Análisis de Tetrazolium.

Según Delouche (1969 c), es una prueba precisa, rápida para evaluar la viabilidad de la semilla. Delouche (1969 c) indica que esta prueba fue desarrollada por el Dr. George Lakon en Alemania. El trató de distinguir entre semillas vivas y semillas muertas usando sales de selenio las cuales eran muy tóxicas para los analistas. Más tarde Khun y Jershel (1940), descubrieron las sales de tetrazolium, que fueron más efectivas para evaluar la viabilidad de la semilla.

La importancia de este análisis es la rapidez; se usa como herramienta en la investigación de semillas para averiguar las causas de una baja germinación, el grado de dormancia de la semilla y el vigor.

Principio Bioquímico del Análisis

El análisis de tetrazolium mide el grado de respiración de un tejido en estado de hidratación (Moore, 1988). Algunas enzimas que catalizan el proceso de respiración celular, son las deshidrogenasas cuya función es la remoción de hidrógenos de los ácidos orgánicos. Afortunadamente el grado de actividad de estas enzimas está relacionado con la viabilidad de la semilla. La sal 2,3,5 trifenil cloruro de tetrazolium se reduce al aceptar los hidrógenos liberados por las deshidrogenasas produciendo otro compuesto conocido como formazan (Delouche, 1969 c).

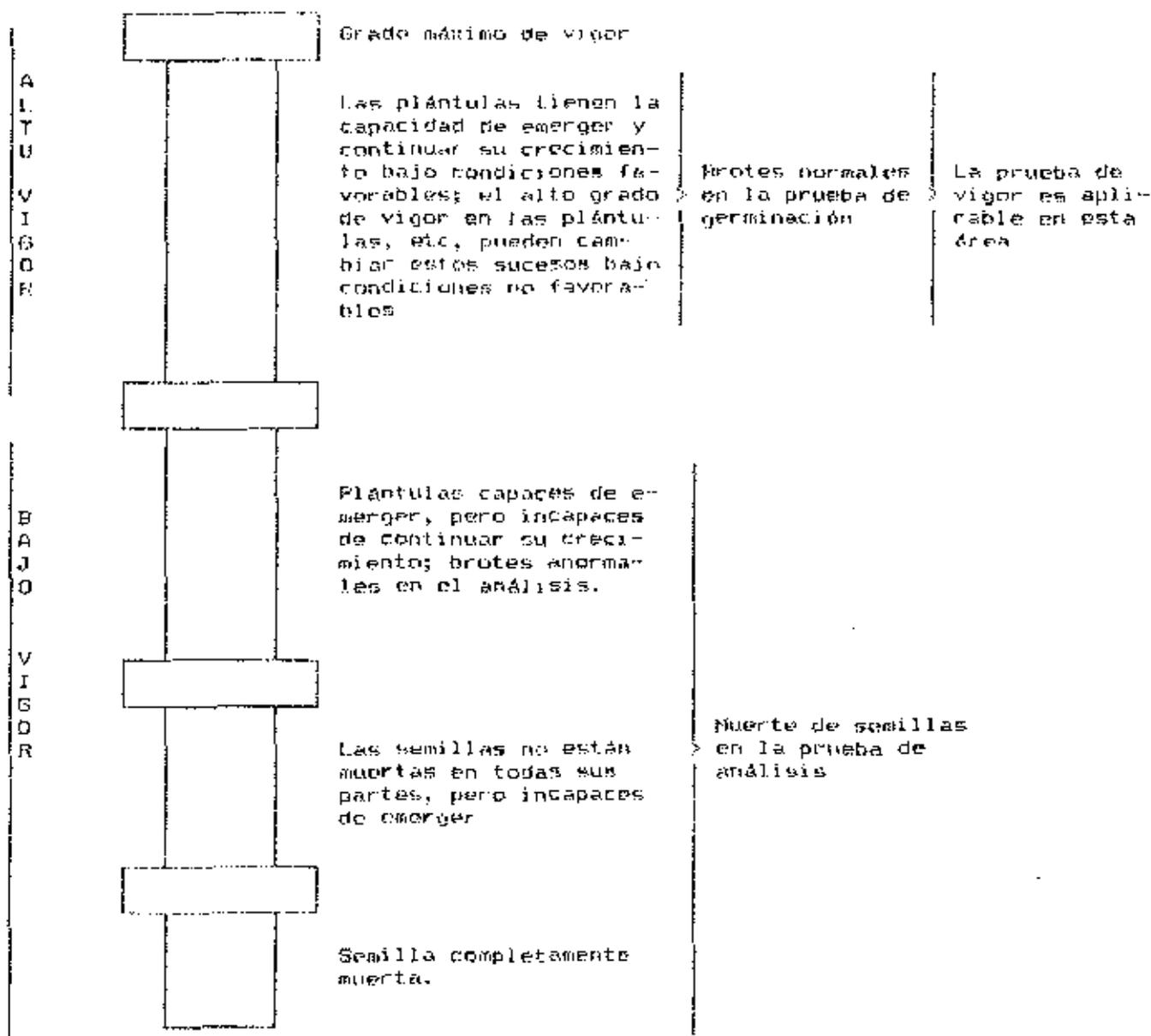


Figura 3. Representación esquemática de la relación entre la germinación y el vigor de las semillas (ADSA, 1983).

Características de estos compuestos

Tetrazolium

1. Es incoloro
2. Es un compuesto soluble.
3. Es difusible.

Formazan

1. Color rojo.
2. Insoluble.
3. Es fijado en las células donde hubo la reducción.

III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP), EL Zamorano, ubicada en el valle del río Yeguaré, 37 Km al sureste de Tegucigalpa, Honduras.

La EAP presenta una temperatura promedio anual de 22 grados centígrados y una precipitación anual de 1100 mm. La elevación a la que está ubicada es de 800 msnm.

El ensayo se realizó en el lote 6 y en el lote 7, los cuales son asignados como lotes de producción de semilla.

Manejo de los Lotes

El material genético que se usó fue el híbrido de maíz H-27 el cual se sembró el 20 de Mayo de 1988, en el lote 6, y el 18 de junio de 1988 en el lote 7. La fertilización se hizo con base a las recomendaciones del análisis de suelo a razón de 120 kg N /ha y 80 kg P₂O₅/ha. La primera aplicación se realizó al momento de la siembra y se utilizó la fórmula 18-46-0 para suplir el fósforo recomendado. La segunda aplicación se llevó a cabo a los 30 días después de la siembra con urea (46% N) para suplementar lo que faltaba de nitrógeno.

Para el control de malezas tanto de gramíneas como hoja de ancha se aplicaron los herbicidas Lasso (Alachlor) y Gesaprim (Atrazina).

La despanojada en el lote 6 se empezó el 25 de julio y se terminó aproximadamente el 9 de agosto; y para el lote 7 se empezó el 23 de agosto y se terminó aproximadamente el 6 de septiembre. Esta actividad consiste en quitar la panoja de las líneas que actúan como hembras, para utilizar el polen únicamente de la línea macho. La relación de siembra hembra-macho fue de 3:1.

Diseño Experimental

Para esta evaluación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), cuyas fuentes de variación fueron las siguientes:

<u>Fuentes de Variación</u>	<u>Grados de Libertad</u>
Epocas de Cosecha	5
lineal	1
cuadrática	1
residuo	3
Error	18
<hr/>	
Total	23

El número de tratamientos a evaluar fué de seis, con cuatro repeticiones para cada lote.

Los tratamientos consistieron en cosechar a la madurez fisiológica y luego cada semana, hasta la quinta semana,

después de la madurez fisiológica. La simbología usada para representar a los tratamientos fue la siguiente, basándose en semanas después de la madurez fisiológica (SDMF):

<u>Épocas de cosecha</u>	<u>Simbología</u>
Madurez Fisiológica (MF)	0 - SDMF
Una semana después de MF	1 - SDMF
Dos semanas después de MF	2 - SDMF
Tres semanas después de MF	3 - SDMF
Cuatro semanas después de MF	4 - SDMF
Cinco semanas después de MF	5 - SDMF

Para determinar el punto de madurez fisiológica se realizaron varios muestreos en ambos lotes, a finales de los meses de agosto y septiembre respectivamente, detectándose la madurez fisiológica en el lote 6 aproximadamente el 9 de septiembre y para el lote 7 el 7 de octubre; en ese momento las semillas mostraban la capa negra de abscisión. La aparición de esta capa está íntimamente ligada con el máximo incremento de materia seca de la semilla (Jugenheimer, 1968). Esto facilita la determinación del punto de madurez fisiológica a nivel de campo. Con anterioridad a la madurez fisiológica y dentro de cada repetición las mazorcas fueron marcadas con una cinta fosforescente. Para ello se seleccionaron aquellas mazorcas que ya estaban polinizadas, por lo que sus estigmas presentaban un color café oscuro. La cosecha del lote 6 se empezó el

9 de septiembre de 1988, realizándose esta actividad cada semana, hasta llegar a la quinta semana de cosecha después de madurez fisiológica (5-SDMF). En el lote 7 se comenzó la cosecha el 7 de octubre de 1988 hasta llegar a la 5-SDMF. Para cada tratamiento en cada repetición se cosecharon 30 mazorcas tomadas al azar de aquellas marcadas con cinta fosforescente.

Análisis de Laboratorio

Una vez realizada la cosecha de cada semana, se llevaron las muestras al laboratorio de semillas, en el cual se realizaron los análisis correspondientes.

Al recibo de cada muestra se tomaron los siguientes datos:

a. porcentaje de humedad a la cosecha

El porcentaje de humedad para cada tratamiento se efectuó a través del método indirecto (dieléctrico), el cual mide el porcentaje de humedad de la semilla de acuerdo con la capacidad que tiene un cuerpo de absorber y liberar un flujo eléctrico. Para ello se tomaron cuatro muestras por cada repetición en cada tratamiento, obteniendo el porcentaje promedio entre repetición y luego el porcentaje promedio total por cada tratamiento.

b. Peso fresco

El peso fresco de la semilla, para cada tratamiento en cada una de las repeticiones, se tomó usando una balanza mar-

ca Toledo, luego se hizo un promedio del peso fresco total para cada tratamiento.

c. Peso del olote

También se tomó el peso del olote (raquis principal de la mazorca) para obtener el coeficiente de desgrane; esto es, la proporción entre las variables peso de la semilla y peso total de la mazorca.

d. Peso de semilla con hongos

Durante el desgrane, se fueron separando de cada mazorca, aquellas semillas que fueron atacadas por hongos de campo, luego se pesaron en una balanza marca Ohaus (Triple Beam Balance). Esto se hizo para cada uno de los tratamientos.

e. Peso de semilla pre-germinada

Al igual que en el inciso anterior, las semillas pregerminadas fueron separadas de la mazorca, para luego ser pesadas en la misma balanza.

f. Daño por insectos

Para tomar este dato, se examinó cada mazorca para detectar el daño ocasionado por insectos o la presencia de éstos.

Aquellas semillas con daños fueron separadas y pesadas en una balanza marca Ohaus.

g. Germinación estándar para la semilla húmeda

Los análisis de germinación se realizaron con base en los métodos y procedimientos específicos prescritos en las Reglas Internacionales para Ensayos de Semillas (ISTA). Una vez que las semillas fueron seleccionadas, es decir sin hongos ni ataque de insectos, se tomaron al azar 400 semillas repartidas en cuatro repeticiones de 100 semillas cada una. Luego de haber sido identificadas cada una de las repeticiones, fueron colocadas en el germinador, el cual mantiene una temperatura de 25 grados centígrados constantes y una humedad adecuada (80% H.R.) para la germinación de la semilla. El primer conteo se realizó a los cuatro días y el segundo a los siete días. Para la evaluación se tomaron en cuenta tres categorías: plántulas normales, plántulas anormales y semillas muertas. Una vez tomados estos datos, la semilla se secó bajo el sol, hasta aproximadamente un 13% de humedad. Una vez seca la semilla se tomaron los siguientes datos:

a. Porcentaje de humedad después del secamiento

Una vez seca la semilla, se tomó el porcentaje de humedad a través del método Indirecto (Dieléctrico); para ello se tomaron cuatro de cada tratamiento, obteniéndose el porcentaje total de humedad para cada tratamiento.

b. Peso seco final

Una vez obtenido el porcentaje de humedad requerido, se tomó el peso seco y luego se sacó el promedio total para cada tratamiento.

c. Densidad de la semilla

Existe una alta correlación entre la densidad de la semilla con respecto a la calidad fisiológica de ésta, por lo tanto a mayor peso de la semilla, mejor es la calidad.

Para medir la densidad de la semilla se tomó lo siguiente:

c.1 Peso Bushel

Para obtener el peso bushel se usó una balanza de peso volumétrico, y se obtuvo un promedio para cada tratamiento.

d. Análisis de germinación estándar para la semilla seca

Este análisis se realizó siguiendo las normas de las Reglas Internacionales para Ensayos de Semillas (ISTA). Una vez que las semillas fueron seleccionadas, se tomaron al azar 400 semillas, repartidas en cuatro repeticiones de 100 semillas en cada una. El sustrato utilizado fue papel toalla. Las repeticiones debidamente identificadas fueron colocadas en el germinador, a 25°C y 80% H.R., para la germinación de las semillas.

El primer conteo se realizó a los cuatro días y el segundo conteo se realizó a los siete días. Cuando la semilla estuvo lista para ser evaluada se consideraron tres categorías:

1. Plántulas normales
2. Plántulas anormales
3. Semillas muertas

Para el primer conteo se evaluaron plántulas normales y semillas muertas, para el segundo conteo se evaluaron plántulas de germinación lenta o dudosa.

Evaluación de Plántulas Normales

Para la evaluación de plántulas normales se tomó en cuenta que estuviesen presentes las siguientes estructuras:

- a. Sistema radicular bien desarrollado.
- b. Un coleóptilo intacto y bien desarrollado.
- c. Una plúmula intacta.

Evaluación de Plántulas Anormales

Existen diferentes causas por las cuales una plántula puede ser considerada anormal:

- a. Baja vitalidad

Síntomas: no hay desarrollo de partes estructurales importantes.

- b. Infecciones causadas por patógenos

Síntomas: pudriciones y descoloraciones en cualquier parte de la plántula y altas variaciones entre repeticiones.

- c. Daño mecánico

Síntomas: partes de plántulas se desprenden o hay

presencia de figuras en ellas.

d. Daño por insectos

Estructuras agujereadas o ausentes.

e. Tratamiento químico

Al aplicar una sobredosis de fungicida las raíces se engruesan y se acortan, los vellos capilares son muy reducidos o desaparecen completamente.

Evaluación de Semillas Muertas

Síntomas: a. Las semillas han absorbido agua.

b. Las semillas están descoloridas.

c. Las semillas están llenas de hongos.

d. Las semillas están hinchadas.

Todas las plántulas anormales como las semillas muertas se determinaron de acuerdo con la información anterior.

Reporte de resultados

El porcentaje de germinación es igual al promedio de plántulas normales para cada tratamiento.

e. Vigor de la Semilla

El vigor de la semilla es un índice que nos dice que tan fuerte o vigorosamente una semilla puede germinar. El vigor mide el grado de deterioro en ella. En esta evaluación el método que se utilizó para medir el vigor de las semillas fue

el siguiente:

Prueba de frío para maíz

Este método fué iniciado especialmente para maíz en 1940 por la Compañía de Semilla Híbrida Pioneer. Hoy en día es usado también por compañías de semilla comercial, agencias de certificación y estaciones experimentales para evaluar el vigor de las plántulas de maíz (Copeland, 1976).

Los pasos seguidos para esta prueba fueron los siguientes:

a. La semilla fue sembrada en bandejas de plástico con un nivel de tierra (no esterilizada) de 2 cm, luego la semilla se tapó con un nivel de tierra de 2 cm que se compactó después.

b. Se aplicó agua hasta llegar a un porcentaje de saturación de 70% en el medio de germinación.

c. Las bandejas fueron colocadas en el refrigerador en condiciones de temperaturas bajas (10 grados centígrados) por siete días.

d. Después de los siete días, las bandejas fueron colocadas en condiciones favorables de temperatura (25 grados centígrados) por cuatro días.

e. Interpretación de resultados

Los resultados de la prueba de frío son usualmente expresados como porcentaje de germinación. El porcentaje de germinación es el porcentaje de plántulas normales con plúmulas de 2.5 cm (una pulgada) o más de altura de emergencia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

Datos Tomados

En el presente experimento, para cada uno de los tratamientos (fechas de cosecha), se evaluaron cinco variables: germinación, vigor, rendimiento, densidad y semillas con hongos, las cuales son consideradas como determinantes de la calidad de la semilla.

En cada lote y para cada una de las variables se realizó análisis de varianza y comparaciones ortogonales para detectar el efecto de los tratamientos sobre cada una de las variables.

A. Lote 6

1. Germinación

De acuerdo con los análisis de varianza, los que se muestran en el Cuadro 1, los tratamientos (épocas de cosecha), resultaron altamente significativos ($P \leq 0.01$), lo que indica que la disminución en el poder germinativo de la semilla se debió a los tratamientos y no a otra fuente de variación.

De acuerdo con los contrastes realizados, se encontró una respuesta lineal significativa ($P \leq 0.01$). La figura 4 nos indica que el porcentaje de germinación fue disminuyendo hasta llegar a la 5-SDMF.

Cuadro 1 Cuadrados medios de las variables germinación, vigor, rendimiento, densidad y semillas con hongos en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Germinación	Vigor	Rendimiento
Epocas	5	60.37 **	40.27 **	0.49 n.s.
lineal	1	288.05 **	145.72 **	0.16 n.s.
cuadrat.	1	7.44 n.s.	3.64 n.s.	0.97 n.s.
residuo	3	2.11	17.31	0.43
Error	18	1.78	5.58	0.47
Total	23			
C.V.		1.40 %	2.65 %	11.06 %

Fuentes de variación	Grados de libertad	Densidad	Semillas con hongos
Epocas	5	0.63 *	6138.58 n.s.
Lineal	1	1.28 **	8466.48 **
Cuadrat.	1	0.001 n.s.	2060.38 n.s.
Residuo	3	0.62	6272.01
Error	18	0.19	1426.54
Total	23		
C.V.		0.72 %	49.99%

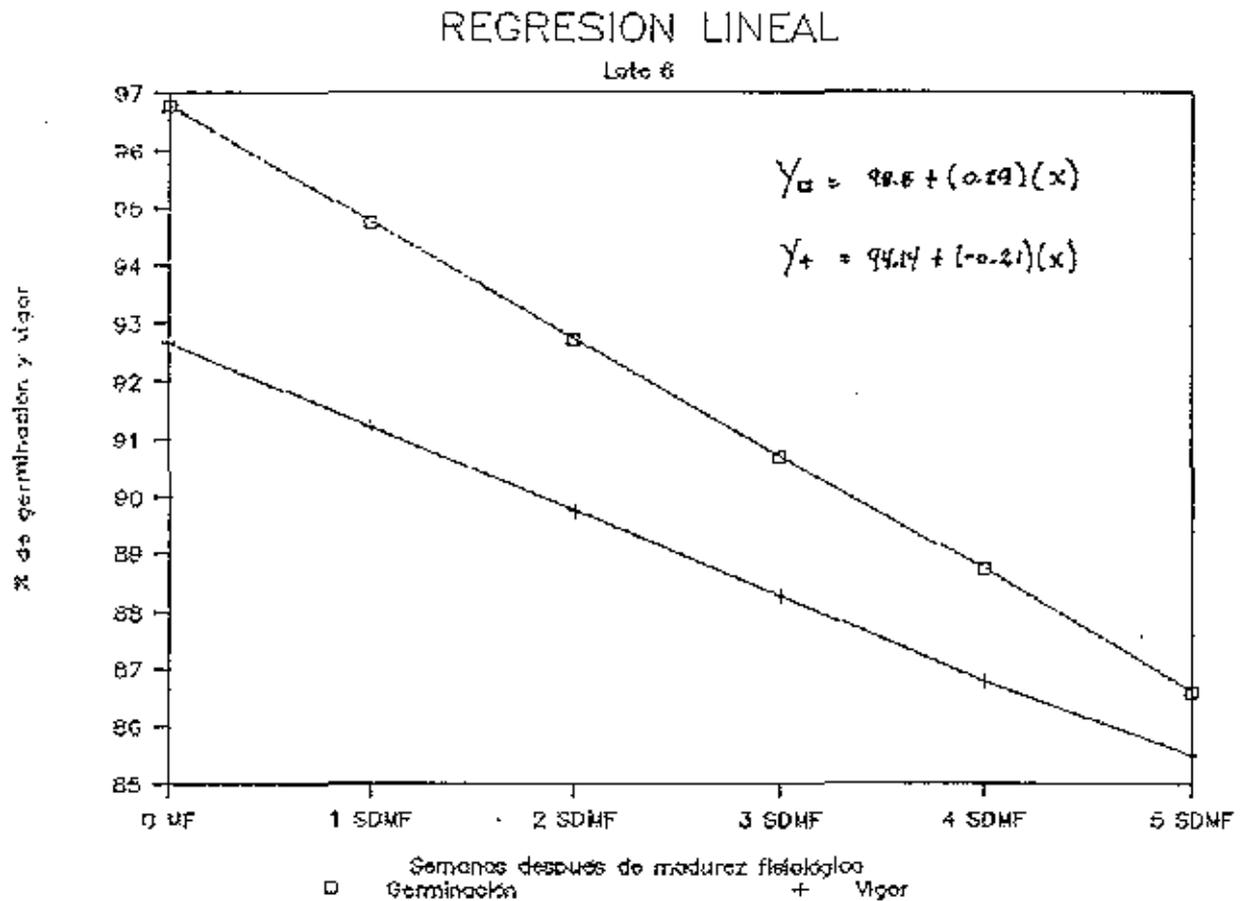


Figura 4. Representación esquemática de la regresión lineal de germinación y vigor de la semilla obtenida en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.

La separación de medias mediante la Prueba del Rango Múltiple de Duncan mostró que la germinación fue estadísticamente similar en la madurez fisiológica y en la 1-SDMF (P<0.01), pero a partir de la 2-SDMF las medias entre los tratamientos restantes fueron estadísticamente menores, como puede verse en el Cuadro 2 y Figura 5.

Por lo anterior se concluye que la germinación de la semilla se encontró en un máximo nivel tanto a la madurez fisiológica como a una semana después (99.25% y 99% respectivamente y luego disminuyó hasta un 89% a la 5-SDMF); es decir que durante las tres primeras semanas de cosecha el deterioro de la semilla fue bajo, a partir de la 5-SDMF los niveles de deterioro fueron altos, los cuales no son aceptados por los estándares de calidad de la EAP.

Cuadro 2. Separación de medias para la variable de germinación para el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.

Medias	Probabilidad	
	0.05	
1-SDMF	99.25	A
0-SDMF	99.00	A
2-SDMF	96.25	B
3-SDMF	94.25	C
4-SDMF	92.50	C
5-SDMF	89.25	D

1/ SDMF= Semanas después de madurez fisiológica.

2/ Letras distintas indican diferencias al nivel de probabilidad (p< 0.05).

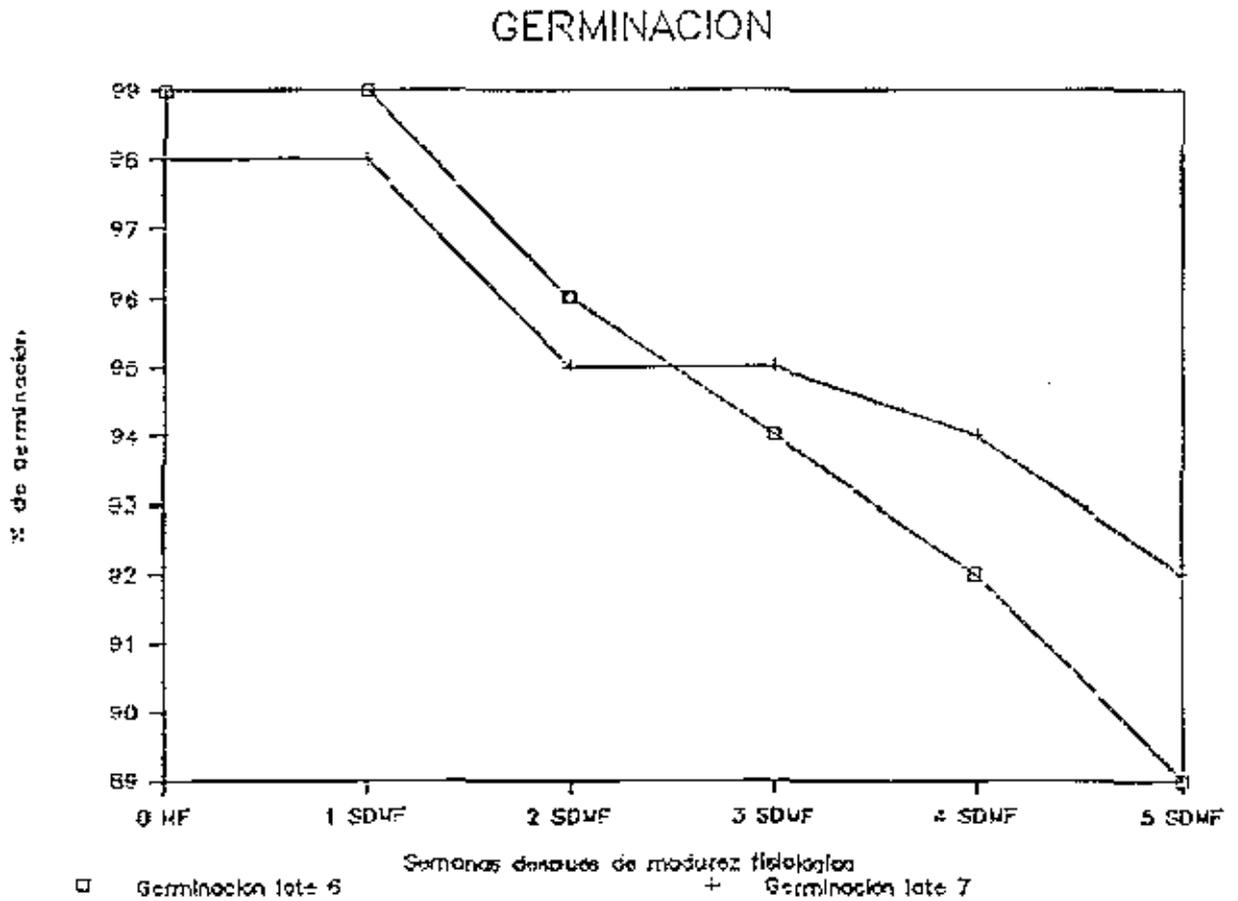


Figura 5. Representación esquemática de los porcentajes de germinación obtenidos en ambos lotes. El Zamorano, Honduras., 1988.

2. Vigor

El vigor de la semilla se evaluó a través de la prueba de frío para maíz en cada tratamiento, obteniéndose los siguientes resultados:

En el análisis de varianza (Cuadro 1) se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.01$). Se procedió entonces a hacer las respectivas comparaciones de medias a través de la prueba de Duncan (Cuadro 3). El vigor aunque más bajo que la germinación se mantuvo estadísticamente a lo largo de la primera y segunda semana después de madurez fisiológica con 93.50% y 91.25% respectivamente. Después de la segunda semana disminuyó significativamente hasta llegar a un 86% en la 5-SDMF (Figura 4). A través de los contrastes ortogonales se pudo notar que la disminución en el vigor tuvo una respuesta lineal ($P \leq 0.01$), representada en la figura 4.

Cuadro 3. Separación de medias para la variable vigor en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.

Medias	Probabilidad
	0.05
1-SDMF	93.50 A
2-SDMF	91.25 A
0-SDMF	90.75 A
3-SDMF	87.00 B
4-SDMF	86.00 B
5-SDMF	86.00 B

1/ SDMF= Semanas después de madurez fisiológica.

2/ Letras distintas indican diferencias al nivel de probabilidad ($P \leq 0.05$).

3. Rendimiento

En cuanto a la variable rendimiento no se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, tampoco hubo una respuesta lineal ni cuadrática. Esto nos indica que el rendimiento del lote no fue afectado estadísticamente por la época de cosecha.

4. Densidad

La densidad de la semilla se midió a través del peso bushel. En el análisis de varianza (Cuadro 1) se observa que la variación de la densidad se debió a la época de cosecha ($P \leq 0.05$). La variación de la densidad con respecto a las épocas de cosecha no refleja el deterioro de la semilla; esto pudo deberse a variaciones del contenido de humedad al momento de la evaluación. La separación de medias para esta variable se presenta en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Separación de medias para la variable densidad en el lote 6 (peso bushel). El Zamorano, Honduras, 1988.

Medias	Probabilidad	
	0.05	
5-SDMF	61.38	A
2-SDMF	61.05	AB
1-SDMF	60.70	BC
3-SDMF	60.63	BC
4-SDMF	60.55	BC
0-SDMF	60.25	C

1/ SDMF= Semanas después de madurez fisiológica.

2/ Letras distintas indican diferencias al nivel de probabilidad ($P \leq 0.05$).

5. Semillas con Hongos

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 1), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, pero sí una respuesta lineal ($P < 0.01$). Esto se explica porque la fecha de siembra para el lote 6 tuvo condiciones ambientales desfavorables en el periodo después de la madurez fisiológica (Anexo 1).

Al hacer las separaciones de medias entre tratamientos por medio de la prueba de Duncan, se encontró que las dos primeras semanas de cosecha fueron estadísticamente similares, a partir de la 2-SDMF el peso de la semilla con hongos cambió, encontrándose que el tratamiento con mayor incidencia de hongos fué la cosecha en la 2-SDMF (Cuadro 5).

Cuadro 5. Separación de medias para la variable semillas con hongos en el lote 6. El Zamorano, Honduras, 1988.

Medias	Probabilidad
	0.05
2-SDMF	124.03 A
4-SDMF	117.97 A
5-SDMF	81.67 AB
3-SDMF	49.27 B
0-SDMF	42.85 B
1-SDMF	34.55 B

1/ SDMF= Semanas después de madurez fisiológica.

2/ Letras distintas indican diferencias al nivel de probabilidad ($P < 0.05$).

B. Lote 7

1. Germinación

De acuerdo con el análisis de varianza, que se presenta en el Cuadro 6, se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$). Se procedió a la separación de medias por la prueba de Duncan, en donde se observó que el porcentaje de germinación obtenido en la madurez fisiológica y 1-SDMF fueron estadísticamente similares; a partir de la 2-SDMF, las medias entre los tratamientos restantes fueron estadísticamente más bajos (Cuadro 7).

Cuadro 7. Separación de medias para la variable germinación en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.

Medias	Probabilidad
	0.05
0-SDMF	98.00 A
1-SDMF	98.00 A
2-SDMF	95.25 B
3-SDMF	94.75 B
4-SDMF	94.00 B
5-SDMF	92.00 C

La germinación obtuvo su máximo nivel en las dos primeras épocas de cosecha (98% en ambos casos) y luego disminuyó hasta un 92% en la 5-SDMF. Esto nos señala que las fechas de cosecha tuvieron una influencia en la germinación de la semilla. Con respecto a los contrastes realizados, se encontró una respuesta lineal significativa ($P \leq 0.01$) y está representada en la Figura 7.

Cuadro 6. Cuadrados medios para las variables de germinación, vigor, rendimiento, densidad y semillas con hongos en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Germinación	Vigor	Rendimiento
Épocas	5	21.97 **	23.14 **	0.02 n.s.
lineal	1	103.21 **	109.37 **	0.03 n.s.
cuadrat.	1	0.19 n.s.	1.19 n.s.	0.01 n.s.
residuo	3	2.14	1.71	0.009
Error	18	1.64	4.29	0.08
Total	23			
C.V.		1.34 %	2.27 %	4.78 %

Fuentes de variación	Grados de libertad	Densidad	Semillas con hongos
Épocas	5	1.46 **	2081.99 n.s.
lineal	1	4.10 **	114.84 n.s.
cuadrat.	1	0.31 n.s.	1.53 n.s.
residuo	3	0.96	3431.19
Error	18	0.16	4636.00
Total	23		
C.V.		0.66 %	121.83 %

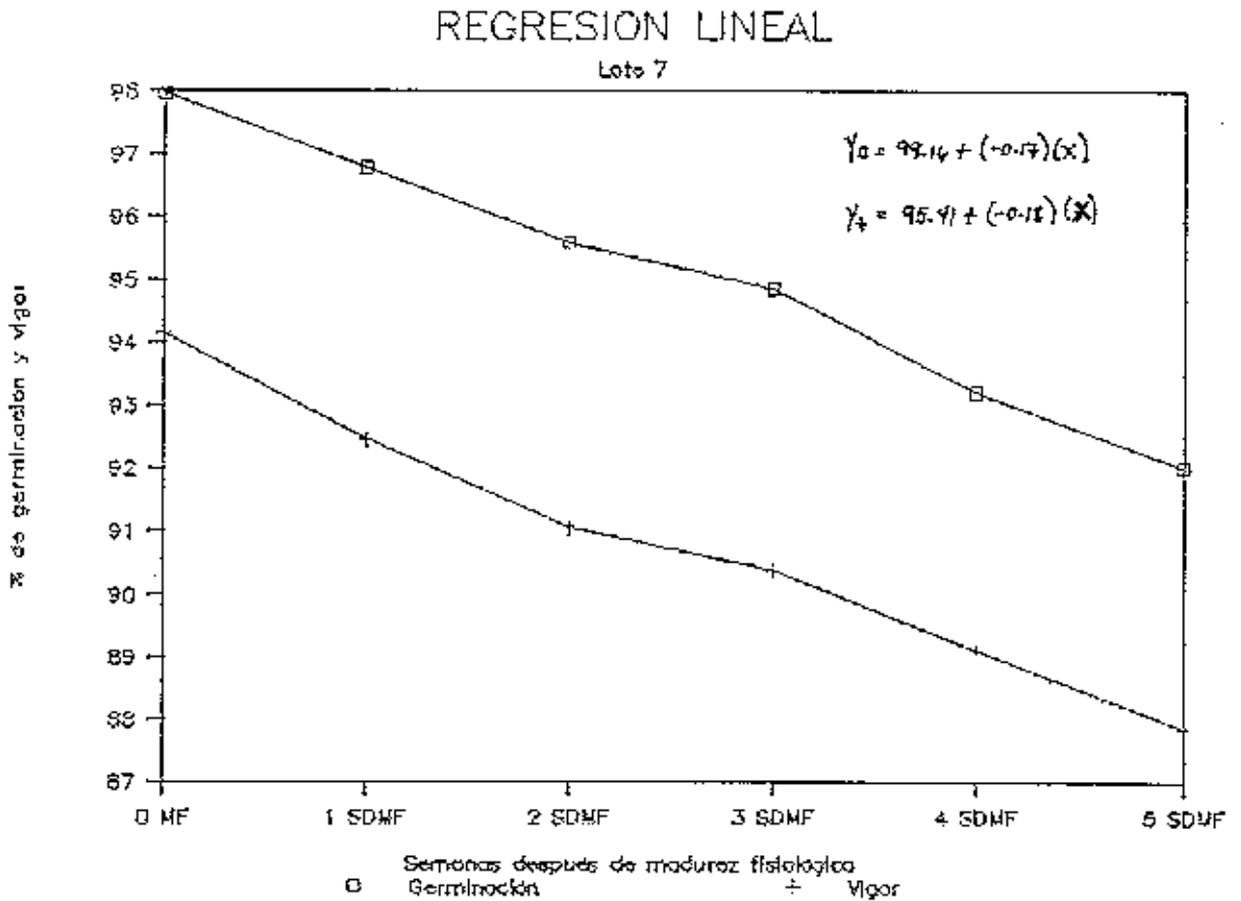


Figura 7. Representación esquemática de la regresión lineal de germinación y vigor de la semilla obtenida en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.

2. Vigor

Similarmente al caso del 6, el vigor se evaluó por medio de la prueba de frío.

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 6), se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.01$). Se procedió a separar las medias por la prueba de Duncan. El nivel del vigor, aunque más bajo que la germinación, fue en las dos primeras semanas estadísticamente similar (95% y 92.75%); después de la segunda semana, el vigor disminuyó hasta un 88% en la 5-SDMF. Estas diferencias fueron estadísticamente significativas (Cuadro 8). A través de los contrastes ortogonales, se observó en el vigor una respuesta lineal descendente ($P \leq 0.05$) que se presenta en la Figura 7.

Cuadro 8. Separación de medias para la variable vigor en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.

Medias	Probabilidad	
	0.05	
0-SDMF	95.00	A
1-SDMF	92.75	AB
2-SDMF	91.50	B
3-SDMF	90.25	BC
4-SDMF	90.25	BC
5-SDMF	88.00	C

1/ SDMF= Semanas después de madurez fisiológica.

2/ letras distintas indican diferencias al nivel de probabilidad ($P \leq 0.05$).

3. Rendimiento

Similarmente a los resultados del 6, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Tampoco hubo respuestas lineal ni cuadrática. Esto nos indica que el rendimiento no fue estadísticamente afectado por la época de cosecha.

4. Densidad

En forma igual que con la semilla del lote 6, la densidad se evaluó a través del peso bushel. En el análisis de varianza (Cuadro 6) se pueden observar diferencias significativas entre tratamientos ($P \leq 0.01$). La variación obtenida en la densidad con respecto a los tratamientos, no reflejaron el deterioro de la semilla, sino que ésta pudo deberse a variaciones en el contenido de humedad al momento de la evaluación. Las medias para la variable densidad se presentan en el Cuadro 9. Para esta variable se encontró una respuesta lineal significativa, que nos señala que a medida que se pospone la cosecha después de madurez fisiológica, el peso bushel disminuye.

Cuadro 9. Separación de medias para la variable densidad en el lote 7. El Zamorano, Honduras, 1988.

Medias	Probabilidad
	0.05
5-SDMF	61.38 A
3-SDMF	61.13 A
2-SDMF	61.02 A
4-SDMF	60.42 B
1-SDMF	60.05 B
0-SDMF	59.93 B

5. Semillas con Hongos

De acuerdo con el análisis de varianza (Cuadro 6), no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos para esta variable. Tampoco se observaron respuestas lineal ni cuadrática

En la Figura 8 se observa una representación esquemática de las diferencias obtenidas entre la germinación y el vigor en los dos lotes después de madurez fisiológica.

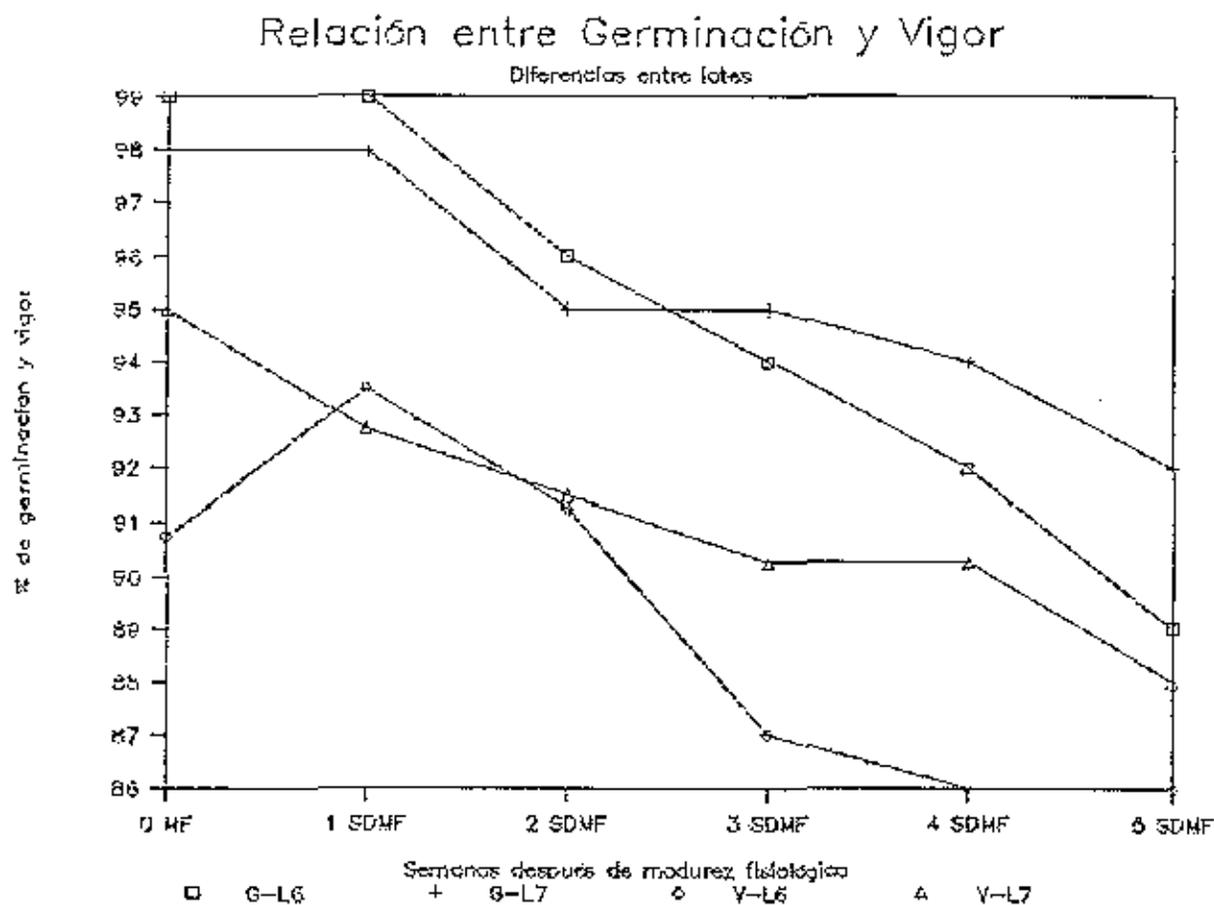


Figura 8. Representación esquemática de las diferencias obtenidas entre germinación y vigor en ambos lotes. El Zamorano, Honduras, 1988.

V. CONCLUSIONES

Al evaluar el deterioro de la semilla de maíz después de madurez fisiológica se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Tanto en el lote 6 como en el lote 7 se detectaron niveles mínimos de deterioro a la madurez fisiológica; pero a partir de la 2-SDMF, el vigor y la germinación disminuyeron considerablemente, manteniendo esa tendencia a medida que la época de cosecha se alejaba de la madurez fisiológica.
2. El porcentaje de vigor en ambos lotes y para cada época de cosecha fue menor que la germinación estándar, ya que el vigor mide más síntomas del deterioro que la germinación.
3. Se pudo detectar que el deterioro después de la madurez fisiológica en el lote 7 fue menor que en el lote 6; esto se explica porque el lote siete tuvo mejores condiciones ambientales en el período después de madurez fisiológica.
4. Se observó que tanto el vigor como la germinación tuvieron una respuesta lineal descendente a medida que la fecha de cosecha se alejaba de la madurez fisiológica.

5. Se pudo notar que la calidad de la semilla evaluada a través del peso bushel fué menor en el lote 6 debido a que las condiciones ambientales fueron desfavorables; en cambio el lote 7 tuvo mejores condiciones lo cual no afectó la calidad de la semilla de acuerdo a los estándares de calidad de la EAP.

6. A la quinta semana después de la madurez fisiológica se detectaron niveles de deterioro que no son aceptables por los estándares de calidad internos de la EAP.

VI. RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Debido a que el deterioro de la semilla fue mínimo durante las tres primeras semanas después de madurez fisiológica, se recomienda realizar la cosecha durante este periodo para obtener una semilla con alta calidad fisiológica.

2. Se recomienda planificar las fechas de siembra de manera que el periodo después de madurez fisiológica, concuerde con meses secos tales como octubre y noviembre, ya que el deterioro de la semilla se detectó menor bajo esas condiciones.

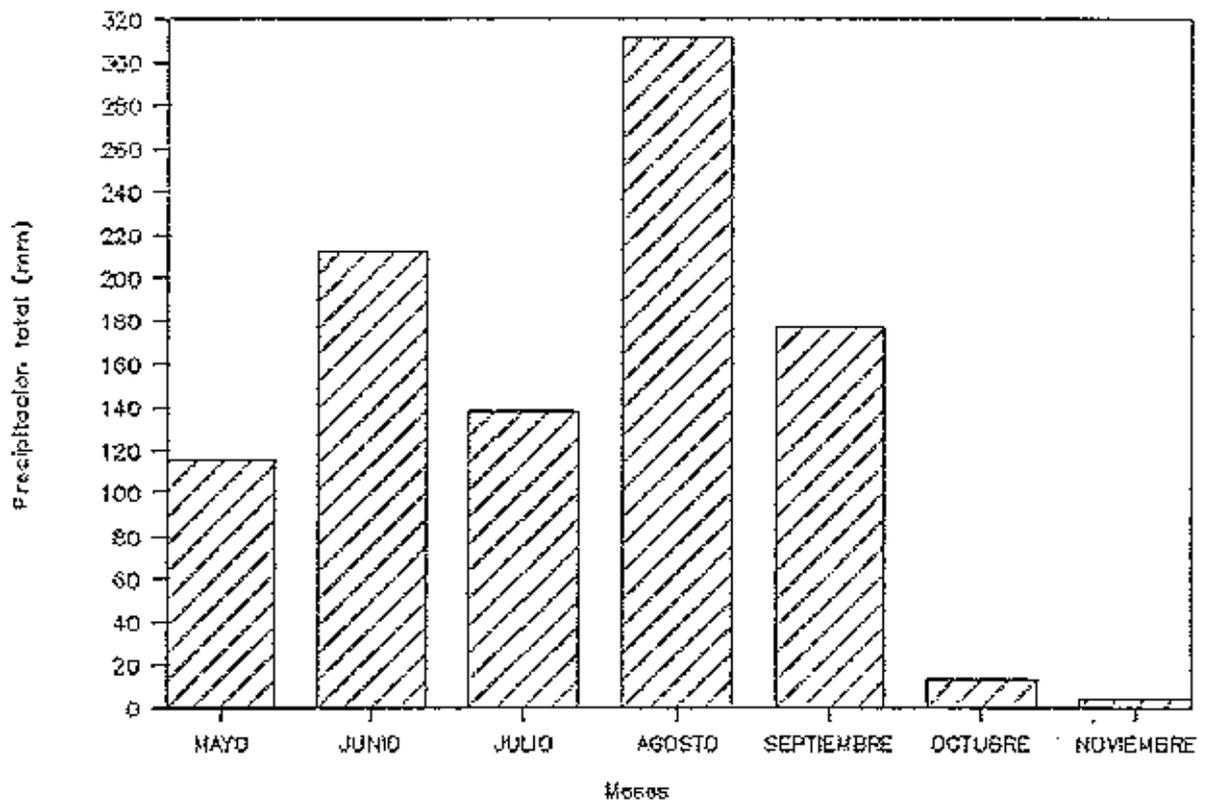
3. No se recomienda dejar la semilla de maíz en el campo más de cinco semanas después de la madurez fisiológica ya que a partir de esa fecha los niveles de deterioro disminuyen considerablemente los estándares de calidad de la semilla.

VIII. LITERATURA CITADA

- AOSA. 1983. Seed Vigor Testing Handbook Contribution 32. Mississippi State, Ms. p. 23, 50.
- BARILLAS J.R. 1981. Puntos Básicos de la cosecha Temprana para obtener Semilla de Buena Calidad. In Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. (PCCMCA). Memoria XXVII Reunión Anual, Santo Domingo, República Dominicana, Marzo 23 28, 1981. p. M 49-1 - M 49-13.
- BEKENDAN y GROB. R. 1979. Manual para Evaluación de Plántulas. Publicado por la Asociación Internacional para Ensayos de Semillas (ISTA). España.
- COPELAND L.O. 1976. Principles of Seed Science and Technology. Burgess Publishing Company, Minneapolis, Minnesota.
- DELOUCHE J.C. 1969 a. Madurez Fisiológica de las Semillas. In Memoria de Cursos sobre Tecnología de Semillas realizados en América Latina. Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras. p. 247 - 253.
- DELOUCHE J.C. 1969 b. Prueba de Germinación. In Memoria sobre Tecnología de Semillas realizados en América Latina. Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras. p. 534 - 553.
- DELOUCHE J.C. 1962 c. The Tetrazolium test for seed viability. Mississippi State University. Agricultural Experiment Station. Technical Bulletin 51. p.2.
- DUFFUS C. y SLAUGHTER C. 1988. Las Semillas y sus Usos. Almacenamiento y Sobrevivencia de la Semilla. Traducido del inglés por Fidel Marquez Sánchez. Edimburgo, Escocia. Editorial Calypso S.A. México. 188 p.
- HEYDECKER W.. 1972. Vigour. In Robert, E.H. ed Viability of seeds Syracuse N.Y. Syracuse Univ. Press. p. 209-252.

- JUGENHEIMER R. W. 1961. Maíz. Variedades Mejoradas, Métodos de Cultivo y Producción de Semillas. Rendimiento, madurez y Resistencia al Acame. Traducido del inglés por Rodolfo Piña García. Urbana, Champaign, Illinois, USA. Editorail Limusa, México. 841 p.
- MOORE P. R., COLBRY V., SWOFFORD T. 1961. Pruebas de Germinación en el Laboratorio. In Semillas. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Traducido del inglés por Antonio Marino y Pánfilo Rodríguez. Washington, D.C., USA. Editorial Continental S.A. p. 771 - 787.
- SEED PHYSIOLOGY. 1984. Notes on Seed Deterioration. Department of Agronomy. Mississippi State University. MS. p. 1.
- TURCIOS C. WILLMER. 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, atlántida, Honduras. 57 p.

PRECIPITACION



Anexo 1. Precipitación total (mm) durante el período de mayo hasta noviembre, 1988. El Zamorano, Honduras, 1988.

DATOS BIOGRAFICOS DEL AUTOR

Nombre: Leslie Jeaneth Salgado Artica

Lugar de Nacimiento: Tegucigalpa, D.C., Honduras

Fecha de Nacimiento: 11 de Abril de 1967

Nacionalidad: Hondureña

Educación:

Primaria: Escuela República de Costa Rica

Secundaria: Instituto Sagrado Corazón (L.H.)

Superior: Escuela Agrícola Panamericana

Títulos Recibidos: Agrónomo, Diciembre 1987.