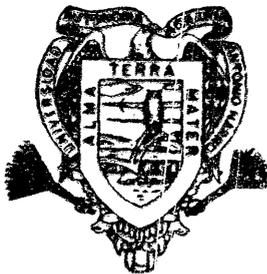


CLASIFICACION DE ANORMALIDADES EN  
PLANTULAS DE SORGO EN LA  
GERMINACION CAUSADAS POR  
ENVEJECIMIENTO Y DAÑO MECANICO

JOSE LUIS ALVARADO ALVAREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS



Universidad Autónoma Agraria  
Antonio Narro

PROGRAMA DE GRADUADOS  
Buenavista, Saltillo, Coah.  
DICIEMBRE DE 1991

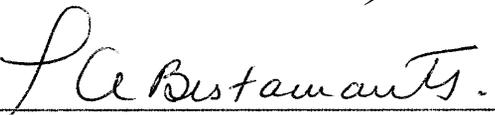
00009

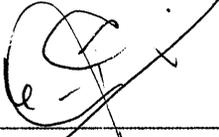
Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar al grado de:

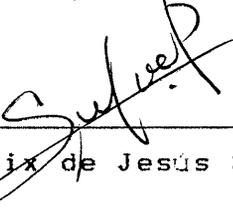
**MAESTRO EN CIENCIAS  
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS**

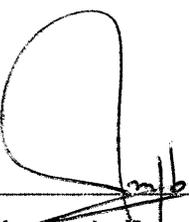
**COMITE PARTICULAR**

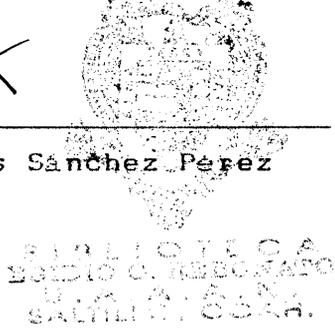
Asesor principal:   
Dr. Jesús Ortega Pérez

Asesor:   
MS. Leticia Alejandra Bustamante Garcia

Asesor:   
Dr. Enrique Navarro Guerrero

Asesor:   
MC. Félix de Jesús Sánchez Pérez

  
Dr. José Manuel Fernández Brondo  
Subdirector de Asuntos de Postgrado



Buenavista, Saltillo, Coah., Diciembre de 1991 ,

## AGRADECIMIENTOS

A nuestro Padre Celestial, por su amor y ser guía inseparable de mi vida.

Agradezco la oportunidad y expreso mi reconocimiento a las instituciones que hicieron posible la realización de mis estudios de maestría.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA) del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación del Gobierno de Guatemala, C.A., por su confianza, apoyo económico y facilidades otorgadas para la realización de mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y en especial al personal docente y administrativo del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) por la oportunidad y conocimientos que me brindaron para superarme profesionalmente.

Al Dr. Jesús Ortega Pérez por la confianza, amistad, orientación, dirección y revisión de la presente investigación.

A la MS. Leticia A. Bustamante Garcia, por su colaboración, sugerencias y aportaciones al escrito.

Al Dr. Enrique Navarro Guerrero por sus sugerencias y revisión de trabajo de tesis.

Al MC. Félix Sánchez Pérez por su colaboración en el análisis estadístico y sugerencias al trabajo.

A mis compañeros de generación y amigos: José Luis Herrera A., Francisco Cruz Chávez, Antonio Torres Reyes, Alejandro Arredondo, Armando Rodríguez García, Miguel Ángel Avila Perches, Andrés Otero Estrada, Pedro Hernández Castillo, Mario A. Álvarez Sánchez. Por su sincera amistad y compañerismo depositado en mí, durante mi estancia en Saltillo, Coahuila, gracias.

A todas las personas que de alguna forma contribuyeron en la realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

A mi esposa:

Berta Alicia Rodriguez de Alvarado  
*A ti negra: con todo mi amor y a quien tanto amo, gracias por tu paciencia, ayuda, comprensión y motivación durante mis estudios de postgrado.*

A mis hijos:

María José, José Luis y Alicia José Alvarado Rodríguez  
*A los que tanto quiero, gracias por las horas de encierro y silencio, que por su edad tal vez no entendían, fue su cariño la fuente importante de motivación para alcanzar esta meta.*

A mis padres:

Miguel Alvarado Rodríguez (+)  
Jesus Alvarez de Alvarado  
*Que este triunfo sea para ustedes una pequeña recompensa al esfuerzo y preocupación que han tenido, para que yo fuera hombre responsable. Por ser una estrella que ilumina siempre mi vida, que Dios los bendiga.*

A mi tío:

Lic. Manuel Rodriguez Alva  
*Con todo cariño y que Dios lo bendiga, por haberme indicado y señalado el camino del éxito.*

A mis hermanos:

Miguel de Jesús  
Francisca Eugenia  
María del Carmen  
Basilia Candelaria  
*Por su confianza e inmenso amor,  
depositado siempre en mí.*

A mi suegra:

Angelina Rodríguez Osorio  
*Con respeto y cariño*

A mis cuñados:

Antonio Moreno M.  
José Danilo y Ana María Barrera Rodríguez  
*Con estimación y respeto*

A mis sobrinos:

Erwin Antonio  
José Luis  
Miguel Enrique  
*Con amor y cariño*

A la familia:

Ramírez Vela y Otero Pérez  
*Por su apoyo y cariño brindado a mi  
familia.*

## COMPENDIO

### Clasificación de Anormalidades en Plántulas de Sorgo en la Germinación Causadas por Envejecimiento y Daño Mecánico

Por:

JOSE LUIS ALVARADO ALVAREZ

MAESTRIA

EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE, 1991

Ph.D. Jesús Ortega Pérez -Asesor-

Palabras clave: Sorgo, anormalidad, plántulas, envejecimiento, daño mecánico.

Tres híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) fueron evaluados para determinar la influencia del envejecimiento y daño mecánico en el rango de plántulas anormales producidas durante el análisis de germinación. La semilla de cada híbrido fue clasificada en cuatro tamaños, ejemplo: grande, mediano, pequeño y estándar.

La prueba de envejecimiento acelerado bajo dos temperaturas (41 y 45°C) y cuatro periodos de tiempo (24, 48, 72 y 96 horas) fueron usadas para envejecer artificialmente la semilla. Los resultados indicaron frecuencias altas de plántulas anormales con raíces débiles y sin presencia de raíces. La temperatura y periodo de envejecimiento que presentó el mayor número de anomalías fue 45°C y 96 horas respectivamente. Los valores más altos de plántulas anormales incidieron en la semilla pequeña para los tres híbridos.

El daño mecánico se relaciona con tamaño de la semilla. La mayor frecuencia de plántulas anormales encontrado fue raíces débiles y coleóptilo corto. También se detectó el más alto número de anomalías en la semilla pequeña. No se encontró diferencia aparente entre los híbridos evaluados.

ABSTRACT

Classification of Abnormal Seedlings on Sorghum Seed  
Germination Upon Aging and Mechanical Damage

By

JOSE LUIS ALVARADO ALVAREZ

MASTER OF SCIENCE

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER, 1991

Ph.D. Jesús Ortega Pérez -Advisor-

Key words: Sorghum, abnormal, seedlings, aging, me-  
chanical damage.

Three sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) hybrids were evaluated to determine the range of abnormal seedlings as influenced by aging and mechanical damage. Seed from each hybrid were sized into four size groups, i.e., large, medium small and standard.

Accelerated aging test under two temperatures (41 and 45°C) and four periods (0, 48, 72, 96 h) were used for

artificial seed aging. Results indicated that weak roots and without roots abnormal seedlings had a higher frequency. As temperature increased to 45<sup>o</sup>C and period increased to 96 hours, abnormal seedlings were produced on greater number. Small seed size had a significantly higher abnormal seedlings frequency for the three hybrids.

Mechanical damage was evaluated on relation to seed size. Weak roots and short coleoptile were the seedling abnormalities with greater frequency. Also abnormal seedling increased on the small seed size. There was no apparent difference among hybrids.

## INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xii
INDICE DE FIGURAS.....	xvi
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	4
Calidad de Semillas.....	4
Germinación de la Semilla.....	8
Deterioro de la Semilla.....	16
Plantulas Anormales.....	29
MATERIALES Y METODOS.....	41
Ubicación del Sitio Experimental.....	41
Material Experimental.....	41
Tratamientos.....	41
Variables Evaluadas.....	46
Análisis Estadístico.....	47
RESULTADOS Y DISCUSION.....	49
CONCLUSIONES.....	72
RESUMEN.....	74
LITERATURA CITADA.....	76

## INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1.	Algunas de las características de los híbridos de sorgo evaluados en el presente estudio.....	42
4.1.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad 8171 con tamaño 7; sometidos a temperatura de 41°C y cuatro periodos de envejecimiento acelerado.....	50
4.2.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad W823A con tamaño 8; sometidos a temperatura de 41°C y cuatro periodos de envejecimiento acelerado.....	51
4.3.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad 8244 con tamaño 9; sometidos a temperatura de 41°C y cuatro periodos de envejecimiento acelerado.....	52
4.4.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad 8244 con tamaño 10; sometidos a temperatura de 41°C y cuatro periodos de envejecimiento acelerado.....	52

Cuadro No.		Pagina
4.5.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad 8244 con tamaño 10.5; sometidos a temperatura de 41°C y cuatro periodos de envejecimiento acelerado.....	54
4.6.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad 8171 con tamaño 7; sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a diversos periodos de duración.....	54
4.7.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad W823A con tamaño 8; sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a diversos periodos de duración.....	55
4.8.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad W823A con tamaño 9; sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a diversos periodos de duración.....	56
4.9.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad W823A con tamaño 9.5; sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a diversos periodos de duración.....	56
4.10.	Frecuencia de anomalías de la interacción variedad 8244 con tamaño 10.1; sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a	

Cuadro No.		Página
	diversos periodos de duracion.....	57
4.11.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A sometidos a una temperatura de 41°C y a un periodo de envejecimiento acelerado de 96 horas.....	60
4.12.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 sometidos a una temperatura de 41°C y a un periodo de envejecimiento acelerado de 72 horas.....	61
4.13.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 sometidos a una temperatura de 41°C y a un periodo de envejecimiento acelerado de 96 horas.....	61
4.14.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A sometidos a una temperatura de 45°C y a un periodo de envejecimiento acelerado de 72 horas.....	63
4.15.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A sometidos a una temperatura de 45°C y a un periodo de envejecimiento acelerado de 96 horas.....	63
4.16.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A, familia	

Cuadro No.		Página
	8.0 sometidos a un período de envejecimiento acelerado de 96 horas.....	66
4.17.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A, tamaño 9.0 sometidos a un período de envejecimiento acelerado de 96 horas.....	66
4.18.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244, tamaño 9 sometidos a un período de envejecimiento acelerado de 72 horas.....	67
4.19	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244, tamaño 9 sometidos a un período de envejecimiento acelerado de 96 horas.....	67
4.20.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8171 sometidos a daño mecánico.....	69
4.21.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A sometidos a daño mecánico.....	70
4.22.	Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 sometidos a daño mecánico.....	70

## INDICE DE FIGURAS

Figura No.	Pagina
3.1. Clasificación de tipos de anomalías de plántulas de sorgo, Seed Technology Laboratory, Mississippi Agricultural Experiment Station, Mississippi State University, 1960...	45

## INTRODUCCION

El sorgo es uno de los cinco cereales más importantes del mundo. Ha sido a través de los tiempos una fuente de alimento vital para millones de gente, principalmente del Continente Africano.

Actualmente en México, la producción de sorgo para grano es de gran importancia, ya que en 1987 la superficie fue de 2'108,022 hectáreas con una producción de 6'295,861 toneladas Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI, 1988). Siendo las regiones de producción más importantes: El Bajío, Los Mochis, Jalisco, el Norte de Tamaulipas y La Laguna.

Las necesidades de semilla híbrida de sorgo se han incrementado considerablemente, debido al gran aumento de la superficie cultivada en los últimos 10 años. La producción de semilla de sorgo es una actividad redituable, de tal manera que a la fecha existen empresas públicas y privadas que se dedican a esta actividad. La región norte de Tamaulipas, que comprende los municipios de Matamoros, Valle Hermoso y Rio Bravo, es el área de producción de semilla

híbrida de sorgo más importante del país. Estas empresas aplican un riguroso sistema de control de calidad para obtener semillas con características deseables. Sin embargo estas características se ven amenazadas por una serie de daños que se presentan en la semilla antes de la cosecha ocasionando daños físicos y fisiológicos a la semilla, provocando una serie de anomalías cuando dan origen a una plántula.

También hay daños ocasionados en la cosecha por la ejecución inadecuada de esta operación; daños por acondicionamiento inadecuado, por almacenamiento y por manejo inadecuado de la semilla, todo esto origina un daño acumulativo a la semilla debido a un mal control de calidad en algunas o todas las etapas del proceso.

Identificar el origen de anomalías en las plántulas durante la germinación, permitira aumentar el conocimiento sobre tipos de anomalías, con el fin de mejorar la calidad de las semillas e incrementar el beneficio de los productores de semilla y principalmente de los agricultores que obtendrán mejores cosechas.

Lo anterior se logrará en la medida en que se desarrollen técnicas más eficientes para mejorar el control de calidad en la producción de semilla híbrida de sorgo. En

consecuencia se justifica, conocer bien las causas para solucionar los problemas que originan mala calidad.

No existe suficiente literatura concreta sobre tipos de anormalidades o de las causas que originan a las mismas en plántulas de sorgo, solamente la International Seed Testing Association (ISTA) (1976) ha editado un manual que describe tipos de anormalidades en plántulas de sorgo, sin embargo, no describe el origen de éstas.

A fin de satisfacer esta necesidad se planteó la presente investigación cuyo objetivo e hipótesis fueron los siguientes:

#### Objetivo

Establecer un rango de tipos de anormalidad en plántulas de sorgo, causadas por envejecimiento y daño mecánico.

#### Hipótesis

Cada daño en la semilla produce un tipo de anormalidad característico en la plántula de sorgo.

## REVISION DE LITERATURA

### Calidad de la Semilla

Popinigis (1985) menciona que la calidad de la semilla es la sumatoria de todos los atributos genéticos, físicos, sanitarios y fisiológicos que influyen en la capacidad de originar plantas de alta productividad.

La calidad es un término relativo y significa el grado de excelencia. En otras palabras, la calidad de la semilla podrá expresarse como un nivel o grado de excelencia el cual es asumido por las semillas solamente cuando son comparadas con una estándar. De ahí que la semilla puede ser superior, buena, mediana o pobre en calidad, dependiendo del adjetivo descriptivo seleccionado y del criterio usado para la clasificación (Andrews, 1985). Por otro lado Delouche (1979) y Thomson (1979) indican que la calidad de semillas es un concepto múltiple que comprende varios atributos. La semilla puede tener una calificación de calidad particular de acuerdo a numerosos criterios: apariencia, uniformidad, germinación, pureza, contaminantes de semilla por malezas, insectos y material inerte, asociación con enfermedades, grado de daño mecánico, daños químicos, grado de deterioro.

estado de madurez y sin duda muchos otros (Thomson 1979 y Andrews, 1985).

Echandi (1978) al referirse a la calidad de una semilla menciona que debe cumplir ciertas cualidades como: pureza genética, viabilidad, vigor, magnitud de daño mecánico, grado de sanidad, tamaño, peso; en general, las semillas de más alta calidad muestran un alto grado de pureza genética, viabilidad y vigor, ausencia de daño mecánico, alto grado de sanidad, un contenido de humedad que garantice su buena conservación, un alto grado de uniformidad y sobre todo una buena apariencia.

Dickson (1980) señala que la semilla de alta calidad tiene sus atributos íntegros, cuenta con un nivel de germinación alto y produce plántulas uniformes y vigorosas en diversas condiciones ambientales.

Al referirse al término de calidad de semillas García (1981) y Garay (1985) establecen que esta es integrada por cuatro componentes principales: el genético, el sanitario, el físico y el fisiológico.

La calidad genética está determinada por el genotipo de la variedad y corresponde a la fidelidad con que la semilla transmite las características genotípicas de la variedad, tales como: identidad y pureza genética (García, 1981).

La calidad sanitaria se obtiene al producir semilla sana, libre de enfermedades, ya sea mediante un efectivo control de los patógenos o la utilización de semilla que ha sido mejorada en su resistencia genética a algunas enfermedades e insectos dañinos. Sin embargo, en algunos cultivos la calidad sanitaria puede ser la de mayor importancia, ya que con el solo hecho de producir semilla sana se puede obtener un incremento notable en la producción (Garay, 1985).

El componente físico involucra atributos tales como: pureza física, color, peso y contenido de humedad de la semilla principalmente. La pureza física de un lote de semillas es un parámetro que refleja su calidad, indicándonos la ausencia de semillas nocivas o de otros cultivos. El color de la semilla es una característica física propia de cada especie, variedad, híbrido o línea, siendo una característica de calidad que durante su evaluación sirve de apoyo para la emisión de un buen dictamen. El peso de las semillas es un reflejo de la calidad de las mismas; un lote de semillas con más bajo peso por volumen o de mil semillas que lo establecido para cada cultivo es el resultado del efecto de factores ambientales negativos. El contenido de humedad de la semilla es el principal factor físico que afecta la calidad fisiológica de la misma durante el almacenamiento, debido a que su actividad metabólica depende de la cantidad de humedad que

esta tiene, donde además hay una fuerte influencia por la temperatura que prevalece en el medio donde se encuentra (García, 1981).

Con respecto a la calidad fisiológica Popinigis (1985) señala que ésta es la capacidad de desempeñar funciones vitales, caracterizadas por la germinación, el vigor y la longevidad.

La calidad fisiológica está integrada por las características que le dan el valor agrícola principal a las semillas destinadas a la siembra como es la alta viabilidad, alta capacidad de germinación y vigor. La primera característica se refiere a la capacidad que tiene una semilla para permanecer viva durante un determinado período, la segunda característica se refiere a la propiedad de toda semilla viva para emerger después de la siembra en presencia de factores ambientales favorables y la tercera característica de la semilla es la que garantiza su establecimiento aun en condiciones desfavorables (García, 1981). McDonald (1975) indica que la calidad fisiológica la integran los atributos de germinación y vigor. Considerandose términos sinónimos la germinación y la viabilidad (Copeland y McDonald, 1985).

La calidad fisiológica alcanza un valor máximo cuando la semilla se encuentra en el punto de madurez

fisiológica (Soplín, 1981), En esta etapa la semilla también ha reunido la mayor cantidad de reservas nutritivas y el embrión ha completado su desarrollo (Miranda, 1984). La calidad fisiológica de la semilla depende de muchos factores tal como lo señala Garay (1985), también expone que esta puede ser fácilmente dañada en cualquiera de las siguientes etapas: maduración, cosecha, secado, desgrane, procesamiento, almacenamiento, distribución y siembra. Lo anterior quiere decir que la semilla es una unidad biológica susceptible a ser dañada en todo instante y por consiguiente su manejo desde la maduración hasta la siembra requiere un alto grado de cuidado y especialización. Esta especialización es necesaria para producir una semilla de alta calidad genética, sanitaria, física y fisiológica, entonces dicha semilla llevará dentro de si misma su más alto potencial biológico.

La calidad fisiológica de las semillas, actualmente se ha estado evaluando mediante la prueba de germinación estándar, afirmando Copeland y McDonald (1985) que la capacidad de germinación es el criterio más comunmente utilizada para determinar la viabilidad de la semilla.

### Germinación de la Semilla

La germinación constituye el evento crucial y final en la vida de una semilla. Representa tanto la realización

como el cumplimiento de la función básica de la semilla, la propagación. Sin duda, la semilla tiene otras funciones en la agricultura moderna. Estas son el principal mecanismo mediante el cual la herencia genética se transmite a las poblaciones de plantas de una generación de cultivos a otra. También se desempeñan eficientemente, como un medio conveniente para la distribución de las poblaciones de plantas, a través de áreas de adaptación. Sin embargo, las dos últimas funciones son totalmente dependientes de la germinación. Una semilla que ha perdido su capacidad para germinar no puede transmitir el mejoramiento genético, ni desempeñarse en la distribución de poblaciones deseables de plantas de un sitio a otro (Delouche, 1979b).

Definir el fenómeno de germinación es muy difícil, puesto que una definición debe ser corta y completa, el caso es que la germinación es un fenómeno muy amplio y complejo para caber en pocas palabras (Carvalho y Nakagawa, 1983). De tal manera que los botánicos como Bidwell (1979) la definen como la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla. Delouche (1979b) menciona que la germinación es la reanudación del crecimiento activo del eje embrionario en la semilla.

Otros autores como Berlyn (1972) la define como una serie secuencial de eventos morfológicos que resultan de la transformación del embrión en una plántula: en donde se

involucra división y expansión celular y la formación de órganos como hojas, tallos y raíces. Marroquín (1984) menciona que la germinación es el proceso de reinicio del crecimiento activo por parte del embrión caracterizado por la fractura de la cubierta seminal y la emergencia de la plántula, esta definición presupone que la semilla se encontraba en un estado de reposo durante el cual la actividad metabólica es muy reducida, las semillas pueden permanecer en el estado descrito hasta el momento en que las condiciones ambientales sean adecuadas. Algunas semillas son capaces de germinar pocos días después de la fertilización, madurez fisiológica o madurez de cosecha en tanto que otras se encuentran en un período de latencia, el cual puede ser mas o menos extenso dependiendo de la especie, variedad y de otros factores. Sin embargo en la práctica de laboratorio la Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1978) define la germinación como: "la emergencia y desarrollo a partir del embrión de aquellas estructuras esenciales, que por la clase de semilla son indicadoras de la habilidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

#### Factores que Afectan la Germinación

Para que una semilla germine debe disponer de condiciones internas y externas favorables. Carvalho y Nakagawa (1983); estos autores clasifican a estos factores de la manera siguiente:

## Factores Internos

Para que germine una semilla, debe estar viva. El período en que una semilla puede vivir es aquel determinado por sus características genéticas y recibe el nombre de longevidad o período que la semilla realmente vive y está determinado por el intercambio entre los factores genéticos y ambientales. Ese período se le llama viabilidad. Como se ve, por lo tanto, el período de viabilidad puede ser, máximo o igual a la longevidad.

### Longevidad

El verdadero período de longevidad de las semillas de una especie cualquiera es prácticamente imposible de determinar, sólo sería posible si se pudiesen colocar esas semillas bajo condiciones ideales de almacenamiento. Se sabe que bajo determinada condición ambiental las semillas de diferentes especies viven por tiempos diferentes. Esos períodos de longevidad varían, desde algunos pocos días hasta muchos años.

### Viabilidad

Período de vida que una semilla efectivamente vive dentro de su período de longevidad, esta en función de los

siguientes factores: características genéticas de la planta progenitora, vigor de las plantas progenitoras, condiciones climáticas predominantes durante la maduración de las semillas, condiciones ambientales durante el almacenamiento.

#### Factores Externos

Los factores ambientales que influyen sobre proceso germinativo son: humedad, temperatura, oxígeno y algunas especies requieren de luz (Delouche, 1964; Miranda, 1984a; Mayer y Poljakoff-Mayber, 1986).

#### Humedad

Se requiere la humedad para la rehidratación de la semilla hasta niveles que puedan soportar la cantidad respiratoria aumentada, la descomposición de materiales de reserva complejos tales como: almidón, grasas y aceites, y proteínas en formas simples, móviles y utilizables, y la síntesis de nuevos materiales para el crecimiento. La humedad o el agua deben estar disponibles en la fase líquida. La semilla no puede absorber suficiente vapor de agua para elevar el contenido de humedad, lo suficiente para apoyar el proceso de germinación.

El agua líquida requerida para la germinación normalmente es suministrada por el medio sobre o dentro del

absorción de agua por una semilla esencialmente comprende un tipo especial de difusión llamado imbibición. El agua u otros materiales móviles se desplazan de un sitio o área donde la concentración es alta (más pura), a un área donde la concentración es menor (menos pura), mediante la difusión, hasta que establece un equilibrio, suponiendo, que no hay barrera a tal movimiento.

El agua en una semilla a 10-13 por ciento de contenido de humedad no está muy concentrada, es muy impura. Como se mencionó anteriormente, las etapas iniciales de absorción de agua por parte de la semilla son en su mayoría físicas. Estas son las mismas ya sea que la semilla esté viva y no sea germinable (latente), o esté muerta.

El contenido de humedad de la semilla requerido para la germinación, varía entre las especies. La semilla de una especie de la familia de las gramíneas, pastos, cereales, pequeños granos, debe alcanzar y mantener un contenido de humedad de 30-40 por ciento para que la germinación continúe hasta el punto en que el crecimiento activo se reanuda. Otros tipos de semilla, debido a las diferencias en la composición química, requieren mayores contenidos de humedad para la germinación: 50 a 60 por ciento para la semilla de algodón, soya, y maní (Delouche, 1979a).

Evans y Stickler (1961) al evaluar al comportamiento de cuatro variedades de sorgo colocadas en cuatro soluciones para determinar germinación bajo diferente tensión de humedad, encontraron en las tensiones de 0, 5, 10 y 15 atm, valores de germinación de 94, 92, 79 y 61 por ciento respectivamente, concluyendo que la germinación de la semilla de sorgo decrece progresivamente al incrementarse la tensión de humedad en el medio.

### Temperatura

Las semillas varían ampliamente con relación a sus requerimientos de temperatura para la germinación. Para cada clase de semilla hay tres puntos cardinales en la escala de temperatura: mínima, óptima y máxima. La temperatura mínima es la temperatura por debajo de la cual no hay germinación. Temperaturas sub-mínimas raras veces matan las semillas.

La temperatura óptima es la que obtiene máxima germinación en el menor tiempo. Esta es la temperatura que se prescribe para cada tipo de semilla en las Reglas para Análisis de Semillas. La temperatura máxima es la temperatura por encima de la cual no hay germinación. Temperaturas superiores máximas son normalmente letales o al menos causan daños térmicos a la semilla (Delouche, 1964).

El rango de temperatura óptima para la mayoría de las semillas, se encuentra entre 15-30 °C y el de su máxima de 35-40 °C. Algunas especies de flores ornamentales, plantas alpinas o rocosas, germinan a temperaturas cercanas al punto de congelación (Knapp, 1988).

Dentro de especies de clima caliente o tropicales, está el sorgo (*Sorghum bicolor* L.), cuya germinación ocurre en el rango de temperatura de 15-30 °C con un óptimo de 22 °C (Aisien y Ghosh, 1978).

Las reglas de análisis de semillas, ISTA (1985) prescribe como temperatura óptima de germinación para el sorgo, alternancia de la misma, es decir 20-30°C por periodos de 16 h la menor temperatura y 8 h la más alta, proporcionando el periodo de luz durante esta última.

### Oxígeno

La mayoría de las especies necesitan la presencia del oxígeno para poder germinar. Sin embargo, los requerimientos son tales que con un 20 por ciento del oxígeno disponible en la atmósfera es suficiente para que el proceso ocurra satisfactoriamente (Miranda, 1984a).

La inhibición de la germinación por la insuficiencia de oxígeno se debe a la acumulación de sustancias

potencialmente tóxicas producto de la respiración anaeróbica tales como acetaldehído, etanol y ácido láctico (Bradbeer, 1988).

### Luz

El factor luz es indispensable en solo algunas especies y generalmente está relacionado con algún tipo de latencia. La mayoría de las plantas cultivadas germinan tanto en la luz como en la obscuridad (Miranda, 1984a).

Así Borthwicw (1978) en lechuga con la variedad "Gand Rapids" observó que cuando las semillas eran expuestas a una faja de longitudes de onda de 560 a 690 nm ellas germinaban siendo la máxima efectividad a 660 nm. Pero cuando el rango era de 690 a 780 nm, se inhibía el proceso, con la máxima efectividad a 730 nm. Cuando estas semillas eran sometidas en forma alterna a irradiación de estos dos tipos de longitud de onda, la última irradiación determinaba si el proceso ocurría o no.

### Deterioro de la Calidad de Semillas

Después de haber alcanzado el máximo nivel de calidad, la semilla inicia un proceso de cambios degenerativos que ocasionan pérdidas en la germinación y el vigor. A esos cambios se les ha denominado "deterioro" (Anderson, 1973).

El deterioro de semillas es caracterizado como un proceso inexorable, irreversible e inevitable que incluye cambios perjudiciales que originan la disminución en la calidad de la semilla una vez que ésta ha obtenido su máximo valor y culmina con la pérdida total de su viabilidad (Delouche, 1973). El deterioro de semillas lo caracteriza también Miranda (1984b) como un proceso natural que envuelve cambios fisiológicos, bioquímicos y físicos en la semilla en la medida que ella avanza hacia la muerte.

Abdul-Baki y Anderson (1972) definen al deterioro como: "el proceso que incluye cualquier transformación degenerativa irreversible después que la semilla ha alcanzado su máxima calidad". Por otro lado Delouche (1964) lo define como un proceso acompañado de cambios perjudiciales que ocurren en la semilla a medida que ella envejece. Menciona también que la velocidad del deterioro está influenciado fuertemente por los factores genéticos de la semilla, su historial de crecimiento y medio ambiente de almacenamiento; por lo que Soplin (1980) y Mendoza (1985) indican que el deterioro es variable entre especies, variedades, híbridos, lotes de semilla de una misma especie e inclusive variable dentro de semillas individuales de un mismo lote.

Entre las muchas manifestaciones fisiológicas del deterioro de la semilla están los cambios de color, retraso

de la germinación, baja tolerancia a condiciones subóptimas durante la germinación, alta sensibilidad a tratamientos con radiaciones, reducción de la germinación y un incremento en el número de plántulas anormales. De los puntos señalados anteriormente, la reducción de la germinación ha sido el criterio más ampliamente aceptado del deterioro de la semilla (Abdul-Baki y Anderson, 1972).

Sobre este aspecto Delouche y Baskin (1973) proponen una secuencia probable de los cambios que suceden durante el deterioro de la semilla que es el siguiente:

1. Degradación de las membranas celulares.
2. Daños en los mecanismos de producción y síntesis de energía.
3. Alteraciones en los procesos respiratorios y de biosíntesis.
4. Disminución en la tasa de germinación.
5. Disminución en la capacidad de almacenamiento.
6. Disminución en la tasa de crecimiento y desarrollo de la plántula.
7. Disminución de la uniformidad.
8. Disminución de la resistencia a condiciones

adversas.

9. Disminución en el rendimiento.
10. Reducción de la emergencia.
11. Incremento en el porcentaje de plántulas anormales.
12. Pérdida de la capacidad de germinación.

Miranda (1984b) reporta resultado de investigaciones sobre deterioros acumulados en los últimos años y estos le han permitido identificar importantes segmentos parciales del proceso general, las cuales arbitrariamente son las siguientes:

#### Deterioro Precosecha (DEPRECO)

Este segmento es también denominado por algunos autores como deterioro en campo o "Weathering" simplemente.

El DEPRECO comienza desde la madurez fisiológica y termina cuando la semilla es cosechada.

#### Deterioro por Cosecha (DEPORCO)

Fracción del deterioro debido a la ejecución inadecuada de la operación de cosecha cuyos efectos mas

evidentes son los daños mecánicos y pérdidas de rendimiento.

Deterioro por Acondicionamiento (DEACON)

Fracción del deterioro debido a ejecución inadecuada del acondicionamiento de semillas.

Deterioro durante el Almacenamiento (DEALMA)

Corresponde a las pérdidas de calidad durante el periodo de almacenamiento *per se*.

Deterioro de Manejo Inadecuado (DEMAINA)

Fracción deteriorativa debido a la exposición de semillas a agentes nocivos (biocidas, productos químicos) durante su manejo desde el almacén hasta el sitio de siembra.

Deterioro por Sembradora Inadecuada (DESEMINA)

Segmento del deterioro general debido a daños mecánicos ocasionados por el uso de platos sembradores inadecuados, desperfectos mecánicos en engranajes o piezas de las sembradoras, que resultan en baja emergencia de plántulas en campo.

Esta clasificación es arbitrariamente establecida, basada en datos experimentales y observaciones conducidas por Miranda (1984b) sobre programas de control de calidad de semillas.

Anderson (1970) al estudiar las diferencias bioquímicas y fisiológicas de la deterioración de la semilla de cebada, indica que con el envejecimiento natural de la semilla decrece el por ciento de germinación, y que las semillas de mayor edad fueron más sensitivas al envejecimiento acelerado que las semillas nuevas, encontrando diferencias de 0 a 16 por ciento en la longitud de raíces entre plántulas de las dos clases de semillas.

El proceso de deterioro bajo condiciones de envejecimiento acelerado es similar a aquel que ocurre bajo condiciones normales, solamente se incrementa enormemente la tasa de deterioro, los lotes de semilla que mantienen su germinación durante el envejecimiento acelerado son buenos para almacenarse, mientras los que disminuyen en su poder germinativo son pobres en esta capacidad (Delouche y Baskin, 1973).

Echandi (1978) menciona que la calidad fisiológica es afectada por la calidad genética, grado de sanidad, magnitud del daño mecánico, tamaño, peso, en consecuencia los atributos fisiológicos como germinación y vigor se ven

fuertemente afectados; por lo tanto las semillas sufriran deterioro, el cual causa una disminucion en la germinacion y el vigor, asi como un incremento de plántulas anormales, esto ultimo lo afirman Delouche y Baskin, 1973.

### Daño Mecánico

El daño mecánico juntamente con la mezcla varietal es señalado por muchos tecnólogos como los dos serios problemas en la producción de semillas. El daño mecánico es consecuencia en su mayor parte por la mecanización de las actividades agrícolas, de tal forma que es un problema prácticamente inevitable. El conocimiento de como ocurren los factores que intervienen en su intensidad puede facilitar su control (Carvalho y Nakagawa, 1983).

En su largo viaje desde el campo en que se produce hasta el sitio o lugar de siembra, la semilla se encuentra sujeta a varios procesos físicos y mecánicos, algunos de tales procesos u operaciones pueden causar y de hecho causa deterioro. Esto da como resultado semillas rajadas, despuntadas, lastimadas, cortadas, rotas o interiormente estropeadas. No deberiamos preocuparnos demasiado por los daños mecánicos si solamente la apariencia física de la semilla quedara afectada por ellos.

Las consecuencias y efectos de estos daños mecánicos sin embargo, son mucho más serios. Semillas mecánicamente estropeadas o dañadas conllevan los siguientes inconvenientes:

1. Más difíciles de limpiar,
2. Pérdidas en la limpieza,
3. Disminución en la germinación,
4. Reducción en el vigor,
5. Más susceptibles a daños por tratamiento químico,
6. Más susceptibles a organismos destructores.
7. Más susceptibles a entrada de microorganismos patógenos.

Los efectos del daño mecánico en la viabilidad y el vigor de la semilla pueden ser inmediatos; las semillas quedan inmediatamente impedidas para germinar en forma normal o latentemente impedidas de hacerlo. La germinación no es en este caso inmediatamente afectada pero su vigor, su potencial de almacenamiento y su valor en el campo quedan reducidos (Delouche, 1981).

Popinigis (1985) señala que siendo la semilla un ser vivo, sería ideal que la cosecha y limpia fuera a mano, para no dañarla, pero eso no es práctico y económico. Por eso todas las fases de la producción de semilla son mecanizadas.

Las cosechadoras modernas, cuando son bien reguladas eliminan fácilmente las semillas de las espigas y vainas durante la operación de desgrane. Cuando no son bien reguladas causan quiebra y daños en muchas semillas, principalmente cuando están muy secas o muy húmedas. Los mismos tipos de daño pueden ocurrir en la unidad de beneficio de semillas, ya que las semillas pasan por elevadores, transportadores y a través de máquinas de beneficio, donde ellas sufren quebraduras, impactos y aberraciones, que causan lesiones en el tegumento. Las semillas severamente dañadas durante la cosecha y beneficio pueden sufrir reducciones en su calidad fisiológica, habiendo reducción en el poder germinativo y vigor.

La semilla puede ser seriamente dañada sin que muestre evidencia visible o signos de ruptura de la cubierta de la semilla, rajaduras, lastimaduras. Las heridas internas no visibles constituyen un problema especialmente en especies como; habas, maní y frijol (Delouche, 1981). El mismo autor menciona que hay tres tipos de daños que pueden ocasionar deterioro en la semilla: impactos, fricciones y cortes.

#### Impactos

Una semilla en movimiento golpea contra un objeto estacionario o un objeto en movimiento golpea a una semilla estacionaria, o aun, tanto el objeto como la semilla en

desplazamiento chocan.

#### Fricciones

Acciones de fricción o frotamiento pueden causar daños a la semilla como en el caso de un barrenero con bordes afilados.

#### Cortes

La cubierta de la semilla en este caso es cortada o perforada por un objeto agudo en una desmotadora de algodón o en algunas piezas de máquinas desgrandoras (maíz y maní).

Carvalho y Nakagawa (1983) señala que las fuentes más importantes que ocasionan daño mecánico a las semillas son: daños mecánicos por sembradora, por máquina de cosecha, durante el beneficio, durante el almacenamiento y durante el transporte. El mismo autor señala que se puede realizar una cuantificación de la importancia relativa de cada una de esas fuentes de daño mecánico y es posible que siga la siguiente distribución: siembra 4 por ciento, cosecha 40 por ciento, beneficio 50 por ciento, almacenamiento 4 por ciento y transporte 2 por ciento. Estos valores sirven apenas para dar una idea de la importancia de cada una de las fuentes de daño mecánico.

La intensidad del daño mecánico que sufre una semilla está evaluada por los efectos que ocasiona a la germinación y vigor. La germinación y vigor de las semillas son muy afectadas diferentemente, debido al intercambio de una serie de factores como: intensidad del impacto, número de impactos, contenido de humedad en el momento del impacto, impacto local y características de la semilla (tamaño de la semilla, tipo de tejido de reserva, forma de semilla, posición del eje embrionario), (Carvalho y Nakagawa, 1983).

### Tamaño

Swanson y Hunter (1936) han reportado que el tamaño de la semilla no parece ser un factor varietal en la germinación, emergencia y establecimiento en campo, ya que sorgos de semilla pequeña mostraron mejor tendencia a germinación que variedades de semilla grande. Por otro lado Bartel y Martin (1938) observaron que variedades de sorgo de semilla grande produjeron plántulas más largas, que parecieron haberse desarrollado más rápidamente en los estados más tempranos que las de semilla pequeña.

Swanson y Hunter (1936) han concluido que las semillas de algunas variedades de sorgo muestran inherentemente mejor habilidad para germinar bajo condiciones desfavorables de siembra que las semillas de otras variedades. Agregan además, que esta diferencia puede

ser debida, en parte, al relativo grosor de una capa de células de almidón localizada en la cubierta de las semilla. Heydeker (1960 y 1972) atribuye la discrepancia entre germinación en el laboratorio y la emergencia en el campo a una interacción entre el ambiente y el vigor de la semilla o plántula.

Se ha encontrado en diferentes pastos que la naturaleza genética de la especie e igualmente el cultivar sobredominan enormemente el efecto del tamaño de semilla (Heydecker, 1972). De tal forma, que el estudio del tamaño de semilla sólo tendría sentido dentro de una especie o cultivar. Wood (1977) han contribuido a determinar las diversas causas u orígenes de los tamaños diferentes en varios cultivos.

Estudios más recientes sobre el efecto de tamaño de semilla de sorgo han sido efectuados dentro de genotipos, pero en su mayoría no han logrado relacionarlo con la emergencia y establecimiento en campo. Así, Abdullahi y Vanderlip (1972) con sorgo RS610, observaron que la germinación, el vigor de plántula y el establecimiento en campo fue más alto en semillas de tamaño medio seguido por tamaño grande y con tamaño pequeño fue mucho más pobre; el número de plántulas anormales también se incrementó en el tamaño pequeño, además las semillas grandes tendieron a funcionar mejor en las pruebas de laboratorio que en el

campo. También encontraron que el tamaño de semilla afectó significativamente la floración, pero no el rendimiento de grano.

Vanderlip (1973) también han concluido que el tamaño de semilla no es aceptable como medida de establecimiento en campo en híbridos de sorgo. Sin embargo, Maranville y Clegg (1977) con cultivares e híbridos de sorgo, obtuvieron mayores porcentajes y velocidad de germinación con semillas más grandes y más densa; no así en el establecimiento final de plántulas y el rendimiento de grano, pero sí produjeron plántulas más vigorosas.

Por otro lado Chinna y Phul (1982) estudiando genotipos de mijo, encontraron correlaciones positivas y significativas entre el tamaño de semilla inicial y vigor de plantula, longitud de panoja, rendimiento y tamaño de semilla resultante. Ellos también proporcionan importantes referencias sobre correlaciones positivas entre el desarrollo de plantula y rendimiento de grano, con el tamaño de semilla en trigo de primavera, cebada y triticale.

El tamaño de la semilla no influye sobre la germinación, este es un fenómeno que depende de otros factores como la viabilidad de la semilla y las condiciones climáticas, más no del tamaño. O sea que el tamaño no afecta la germinación en sí, pero sí afecta el vigor de la planta

resultante. Usualmente semillas de mayor tamaño originan plántulas más vigorosas (Carvalho y Nakagawa, 1983).

El tamaño de semilla parece que influye principalmente en el peso de plántula e incrementó en el número de plántulas anormales (Carleton y Cooper, 1972) además las semillas grandes son aquellas que disponen de mayor cantidad de sustancias de reserva para el desenvolvimiento del eje embrionario.

### Plántulas Anormales

Plántula anormal, tal y como se define en las reglas del ISTA (1979) es aquella que no presenta capacidad para desarrollarse en una planta normal cuando crece en el suelo bajo condiciones favorables, debido a que tiene una o más de las estructuras esenciales irreparablemente defectuosa.

Prakobboon (1982) menciona que en los trópicos a menudo existen problemas por el almacenamiento al medio ambiente, de las semillas de los cultivos, la soya (*Glycine max* L. Merr.) es particularmente susceptible. El ambiente no es el único factor que afecta la longevidad de la semilla almacenada debido a que los daños mecánicos a la semilla durante la cosecha y procesamiento, también puede ser una causa mayoritaria del apareamiento de plántulas anormales y afectando la integridad de la semilla, antes y durante el

almacenamiento. Aunque no siempre se puede evitar el daño mecánico su grado de severidad puede reducirse mucho.

Toole (1950); Toole y Toole (1960) y Moore (1972) mencionan que ampliamente se ha reconocido que las semillas dañadas subsecuentemente producen más plántulas anormales.

Las plántulas anormales en lotes de semillas mecánicamente dañadas incluyen aquellas con cotiledones dañados que reducen su área total a menos de la mitad de los 2 cotiledones (Ching y Pierpoint, 1957) o con el epicotilo o hipocotilo fracturado o el ápice plumbular dañado (Andersen, 1954 y Verhey, 1961). Estructuras esenciales podrán tener rajaduras abiertas o bien contricciones que tienden a interferir con el normal funcionamiento de la plántula (Stanway, 1977). Mackay y Flood (1968) han asociado las lesiones con el daño a la estructura embrionaria en los cereales y daños a las radículas, hipocotilo y el extremo distal de los cotiledones en semillas de trébol rojo (*Trifolium pratense* L.)

En el almacenamiento de semillas la capacidad de germinación declina a medida que la semilla envejece, es un elemento que a menudo se asocia a este proceso, el envejecimiento acelerado (Justice y Bass, 1978). La muerte total es generalmente precedida por la producción de plántulas anormales cuyo desarrollo es débil o desbalanceado

debido a que la pérdida de funciones vitales no ocurre simultáneamente.

### Causas de Plántulas Anormales en Germinación

El Laboratorio de Tecnología de Semillas de la Universidad de Mississippi (Seed Technology Laboratory, Mississippi State University, 1982) cita las siguientes causas que pueden provocar plántulas anormales y da recomendaciones para su registro durante la prueba de germinación.

#### Vigor Declinante-Semilla Vieja

Las condiciones de almacenamiento son probablemente la causa más común de la pérdida de vigor. La edad de la semilla no es necesariamente la causa del declinamiento del vigor. Bajo condiciones estrictas de cosecha y empaque, algunas semillas permanecieron viables por cierto número de años con poco descenso del vigor. La semilla germina lentamente, a menudo faltan partes esenciales o estas están degeneradas.

Usualmente pocas semillas germinan rápidamente el resto germinan lentamente. Los brotes que aparecen más tarde en el período de germinación, tenderán a ser de germinación anormal. Las semillas que generalmente tienen semilla dura, usualmente tendrán pocas o ninguna plántula anormal.

## Infección por Organismos Patógenos

Muchas veces una o más de las estructuras de la semilla son infectadas o destruidas. Algunas veces crecerá la planta. El factor ambiental controla la actividad de los hongos o de las bacterias; por lo tanto los resultados de la prueba serán erráticos. Deberán utilizarse métodos de prueba alternos al re-evaluar muestras destruidas por organismos patógenos. La semilla podrida deberá ser separada y anotada en la tarjeta de trabajo cuando sea evidente que la semilla o plántula no pueda convertirse en una planta normal. El periodo entre el segundo conteo y conteos sucesivos deberá reducirse a dos días. En casos severos la semilla deberá ser removida del sustrato contaminado hacia sustrato fresco. Materiales para tratamiento de semilla no deberán ser usados en la prueba de germinación. Una plántula que se dañe como resultado de la infección de una semilla adyacente, deberá considerarse normal.

## Daño Mecánico

Las muestras con daño de cosecha o escarificación generalmente poseen alto porcentaje de materia inerte y menor germinación con alto porcentaje de anormalidades. Las plántulas anormales generalmente carecerán de una de las partes esenciales. Las plántulas podrán romperse (desagregarse) durante el proceso de germinación.

La semilla cosechada con baja humedad mostrará daño por choque durante la germinación. El epicotilo o la radícula podrán romperse. Estas roturas casi no podrán observarse sino hasta el inicio de la germinación. Las partes rotas permanecerán vivas mientras se consume el alimento almacenado en la semilla. La muestra tendrá un alto porcentaje de plántulas anormales.

#### Daño por Insectos

Las semillas con daño por insectos durante el periodo de germinación generalmente se hace notar por agujeros en las hojas o en partes faltantes. Las plántulas podrán estar tan dañadas que serán anormales o muertas. Algunas semillas dañadas por insectos se consideran inertes, otras no lo son. El analista podrá encontrar semillas cubiertas por una masa pegajosa llamada a veces rocío de miel. La semilla se mantendrán unidas en bloques. Este material es la secreción de un ácido y no daño de germinación.

#### Tratamiento Químico

Semillas tratadas con exceso de fungicidas podrán producir plantulas anormales. Las plantulas producen partes rotas y engrosadas. Los pelos radiculares son a menudo

ausentes o escasos. La raíz o pivotante puede estar agrandada o engrosada. Generalmente mueren algunas semillas. La semilla deberá ser plantada en arena o en suelo y los resultados reportarlos como resultados oficiales.

#### Bandejas de Germinación Metálicas

El daño por bandejas aparece en forma de radículas cortas, gruesas y descoloridas. Generalmente se elimina este problema colocando una hoja de papel encerado entre la semilla en germinación y la bandeja. Las bandejas podran ser pintadas pero deberán ser repintadas cuando la semilla vieja comience a pelarse.

#### Substratos Tóxicos

Substratos levemente tóxicos usualmente producen radículas cortas y gruesas. Substratos altamente tóxicos a menudo inducen la germinación de la semilla pero esta mostrará muy poco desarrollo. Todos los materiales tóxicos producirán cambios de color en las raíces.

#### Deficiencia Mineral

La deficiencia de manganeso se manifiesta a menudo como áreas levemente esponiosas, de color marrón (café) y deprimidas en el centro de la superficie plana de los

cotiledones. La deficiencia de boro generalmente produce ramas enanas múltiples de la plumbula. La semilla podrá tratarse como minerales para subsanar las deficiencias. Los resultados deberán ser reportados como información suplementaria.

#### Daño por Heladas

Todas las plántulas son difíciles de evaluar. El crecimiento se inicia pero produce una planta débil. Los organismos patógenos rápidamente atacan la semilla y la plántula. Partes de la semilla aparecen dañadas y muertas.

#### La Semilla Inició su Germinación en el Campo

Los granos pequeños a veces iniciarán su brotación en el campo debido al exceso de humedad durante el período de la cosecha. Esta clase de daño se evidencia al momento de la siembra y deberá ser anotado en la tarjeta de trabajo. Las raíces y los brotes dañados, aparecen quemados o muertos en los extremos. Esto se puede confundir con tratamiento excesivo de fungicidas.

Las reglas de análisis de semillas ISTA (1976) hacen una descripción de lo que es una plántula normal y anormal en las diferentes especies de sorgo como se indica a continuación:

*Sorghum bicolor* L. Moench      *Sorghum halepense*

*Sorghum sudanense*              *Sorghum X alnum*

*Sorghum* cv "Sorgrass"

#### Plantulas Normales

- a. Una raiz primaria vigorosa, con ramas laterales generalmente bien desarrolladas al final del periodo de prueba.
- b. Raiz primaria corta, pero con dos raices laterales vigorosas, por lo menos.
- c. Plumula, hoja verde vigorosa, no muy dividida, extendiendose mas alla de la mitad dentro del coleóptilo, el cual puede o no estar dividido.

NOTA: Deben considerarse como normales las plantulas con coloración roja, sobre o dentro de las raices y coleóptilos, causada por pigmentos naturales.

#### Plantulas Anormales

- a. Sin raiz.
- b. Raiz primaria debil, corta o en forma de hueso, y con menos de dos raices laterales vigorosas.
- c. Plumula, sin hoja verde, solamente coleóptilo

incoloro.

- d. Plúmula, hoja que se extiende a menos de la mitad dentro del coleóptilo.
- e. Plúmula, hoja muy fragmentada, o dividida longitudinalmente, el coleóptilo puede no estar dividido.
- f. Plúmula pálida, delgada o en forma de hueso (generalmente asociada con el deterioro de la semilla).
- g. Plúmula deteriorada en el punto de inserción a la semilla, considerando que esto no es el resultado de condiciones impropias de la prueba; escutelo generalmente deteriorado.

El ISTA (1979) en el Manual para la Evaluación de Plantulas, describe a las plantulas de sorgo normales y anormales como se menciona a continuación:

#### Plantulas Normales

Sistema radicular: raíz primaria intacta o solo con ligeros defectos:

- Decoloración o manchas necróticas
- Hendiduras o grietas cicatrizadas

Nota: Se clasifican también como normales aquellas plantulas que teniendo la raíz primaria

defectuosa han desarrollado un número suficiente de raíces secundarias normales.

Sistema apical: mesocotilo intacto o sólo con ligeros defectos:

- Decoloración o manchas necróticas
- Hendiduras o grietas cicatrizadas
- Ligeramente retorcido

Coleótilo intacto o sólo con ligeros defectos:

- Decoloración o manchas necróticas
- Ligeramente retorcido
- Hendidura de un tercio o menos desde la punta

Hojas intactas, emergiendo a través del coleótilo, proximas a la punta (o al menos en la mitad superior), o sólo con ligeros defectos:

- Decoloración o manchas necróticas
- Ligeramente dañada

Plantulas: todas la estructuras esenciales normales, tal y como se han detallado.

Plantulas Anormales

Sistema radicular: raíz primaria defectuosa e insuficientemente o raíces secundarias defectuosas:

- Raquitica o mazuda

- Atrofiada o ausente
- Rota
- Hendida desde el extremo
- Con constricción
- Ahilada
- Con geotropismo negativo
- Vitrea
- Podrida como resultado de una infección primaria

Sistema apical: mesocotilo defectuoso:

- Roto
- Formando un lazo o espiral
- Estrechamente retorcido
- Podrido como resultado de una infección primaria

Coleóptilo defectuoso:

- Deforme
- Roto
- Con la punta dañada o ausente
- Formando un lazo o espiral
- Estrechamente retorcido
- Fuertemente curvado
- Hendido mas de un tercio de su longitud a partir del extremo
- Hendido en la base
- Ahilado
- Podrido como resultado de una infección primaria

Hojas defectuosas:

- Extendida menos de la mitad de la longitud del coleótilo o ausente
- Fragmentada o cualquier otro tipo de deformación similar

Plántula: una o más de las estructuras esenciales defectuosas, tal y como se han detallado o bien con el desarrollo normal impedido debido a que la planta, considerada como un todo, es defectuosa:

- Deforme
- Dos fusionadas
- Amarilla o blanca
- Ahilada
- Vítrea
- Podrida como resultado de una infección primaria

## MATERIALES Y METODOS

### Ubicación del Sitio Experimental

La presente investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico.

### Material Experimental

El material experimental que se empleo constó de tres variedades de semilla híbrida de sorgo de la Compañía PIONEER, categoría certificada. Clasificandose cada material en cuatro tamaños (Cuadro 3.1).

### Tratamientos

Cada variedad de semilla híbrida de sorgo se estudio como un experimento independiente, por clasificarse cada una en diferentes tamaños.

### Envejecimiento Acelerado

Para el tratamiento de envejecimiento acelerado se tuvieron los siguientes factores:

BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.

00009

Cuadro 3.1. Algunas características de los híbridos de sorgo evaluadas en el presente estudio.

Híbrido	Tamaño /64 de pulgada	Ciclo (días)	Altura de planta (m)	Tipo de panoja	Color de grano
8171	7.0	intermedio	media 1.50	semi-abierta	café
	8.0	tardío			
	8.5	130-135			
	estándar*				
W823A	8.0	tardío	alto 1.60	semi-compacto	blanco
	9.0	130-140			
	9.5				
	estándar*				
8244	9.0	intermedio	media 1.55	semi-compacto	rojo
	10.0	tardío			
	10.5	130-135			
	estándar*				

\*Tamaño que comercializa la empresa

Factor A. Tamaño de Semilla:

Variedad 1	Variedad 2	Variedad 3
A <sub>1</sub>	7*	8
A <sub>2</sub>	8	9
A <sub>3</sub>	8.5	9.5
A <sub>4</sub>	estándar	...

\* tamaño de pulgada

Factor B, Temperatura

B<sub>1</sub> 41 grados centígrados

B<sub>2</sub> 45 grados centígrados

Factor C, Periodos (tiempo)

C<sub>1</sub> 24 horas, C<sub>2</sub> 48 horas, C<sub>3</sub> 72 horas, C<sub>4</sub> 96 horas.

De acuerdo a lo anterior se evaluaron 32 tratamientos con cuatro repeticiones, siendo un total de 128 unidades experimentales por cada variedad.

Para la aplicación del tratamiento se utilizó la metodología propuesta por Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1978) para la prueba de envejecimiento acelerado, variándose únicamente la temperatura (41 y 45 grados centígrados) y el periodo de tiempo (24, 48, 72 y 96 horas). La prueba consiste en colocar 200 semillas sobre mallas de alambre fino, procurando una distribución uniforme. Esta malla se colocó sobre otra de alambre más grueso que fue enrollada y que sirvió como soporte. luego se depositaron en un vaso de precipitado de 600 ml de capacidad, agregando 100 ml de agua. los vasos se cubrieron con una capa de papel de aluminio y se introdujeron en una cámara de envejecimiento no patentada con las siguientes

características: fuente de calor eléctrica (resistencia), temperatura controlada por termostato de diferencial desconocido, dimensiones 52x50x26 cm de altura; altura del agua en el interior 18 cm altura de la parrilla 35 cm, distancia entre parrilla y agua 17 cm, aislante de fibra de vidrio y sello semi-hermético de hule. Al término de esta prueba se realizó la prueba de germinación estándar según recomendaciones de la ISTA, 1985.

### Daño Mecánico

Para el tratamiento daño mecánico se tuvieron los siguientes factores: Factor A tamaño y Factor B Daño. De acuerdo a lo anterior se evaluaron ocho tratamientos con cuatro repeticiones, siendo un total de 32 unidades experimentales, para cada variedad en particular.

Los tratamientos se aplicaron dañando la semilla por 10 minutos, simulando el daño ocasionado a la semilla en el proceso de beneficio, realizado posteriormente la prueba de germinación estándar, incluyendo únicamente en el resultado plántulas anormales las cuales fueron clasificadas en 6 tipos (Figura 3.1).

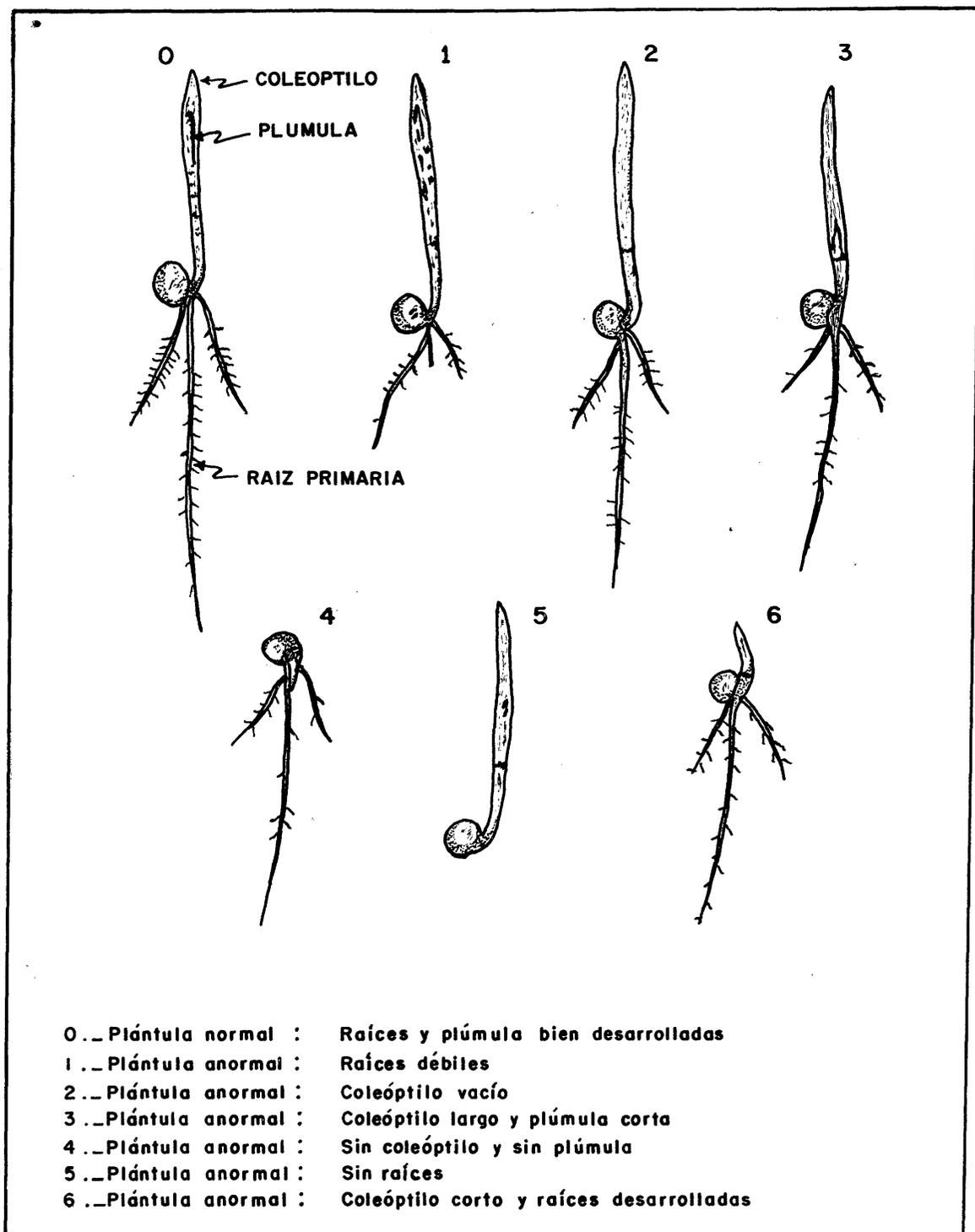


Figura. 3.1 Clasificación de tipos de anomalías de plántulas de sorgo, Seed Technology Laboratory, Mississippi Agricultural Experiment Station, Mississippi State University, 1960.

## Capacidad de Germinación

Esta se evaluó mediante la prueba de germinación estándar (GE) y se realizó de acuerdo a los procedimientos establecidos por la ISTA (1985) a excepción de la cantidad de semillas que fue de 50 semillas en cuatro repeticiones. Las semillas se sembraron en toallas de papel Anchor humedecidas como sustrato, enrollados (tacos), y los cuales se colocaron en cajas de plástico, las que se colocaron en una cámara de germinación a temperatura constante de  $25 \pm 1$  °C durante 10 días, el resultado únicamente incluyó plántulas anormales tal y como se puede apreciar en la Figura 3.1.

## VARIABLES EVALUADAS

### Posterior al Envejecimiento Acelerado

#### Número de Plántulas Anormales

En una prueba de germinación estándar, se procedió a evaluar las semillas luego de ser envejecidas en las distintas modalidades (AOSA, 1978) y de acuerdo a la metodología ya descrita anteriormente (ISTA, 1985) se realizó la evaluación de germinación (GEA) a los 10 días. El resultado únicamente incluyó plántulas anormales las cuales

fueron clasificadas en seis tipos de anomalías de acuerdo al procedimiento de Sedd Technology Laboratory Mississippi State University , 1960.

### Posterior al Daño Mecánico

#### Número de Plántulas Anormales

En una prueba de germinación estándar, se procedió a evaluar la semilla de acuerdo a la metodología ya descrita anteriormente (ISTA, 1985) se realizó la evaluación de germinación (GEA) a los 10 días. El resultado únicamente incluyó plántulas anormales las cuales fueron clasificadas en seis tipos de anomalías tal y como se describió anteriormente.

#### Análisis Estadístico

Después de haber obtenido los datos de la variable evaluada en el estudio, se procedió a realizar su análisis estadístico, en base a pruebas de independencia y para tal efecto se utilizó el estadístico de prueba:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^h \sum_{j=1}^a \left[ X_{ij} - n \left( \frac{X_{i.}}{n} \right) \left( \frac{X_{.j}}{n} \right) \right]^2}{n \left( \frac{X_{i.}}{n} \right) \left( \frac{X_{.j}}{n} \right)}$$

Que tiene una distribución Ji cuadrada ( $\chi^2$ ) con  
 (a-1) (b-1) grados de libertad.

donde:

a, b= número de clasificaciones (niveles) de un factor.

$X_{ij}$ = denota la frecuencia de la interacción i-j.

n= número de observaciones.

$$X_{i.} = \sum_{j=1}^b X_{ij}, \quad i= 1,2,\dots,a$$

$$X_{.j} = \sum_{i=1}^a X_{ij}, \quad j= 1,2,\dots,b$$

## RESULTADOS Y DISCUSION

Para alcanzar el objetivo y comprobar la hipótesis planteada en esta investigación, fue necesario analizar los resultados con base a pruebas de independencia siguiendo el procedimiento de la distribución Ji cuadrada ( $\chi^2$ ). La variable analizada fue número de plántulas anormales y con base a ello se determinó el tipo de anormalidad, de acuerdo a la clasificación de Seed Technology Laboratory Mississippi State University (1960). En este capítulo se presentan y discuten los resultados para la variable evaluada posterior al envejecimiento acelerado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Cuadro 4.1. podemos observar que existe una dependencia entre periodos de envejecimiento acelerado y tipo de anormalidad a una probabilidad de confianza de 90 por ciento, bajo las condiciones de: variedad 8171, tamaño 7/64 de pulgada a 41°C. Asimismo se observa en este cuadro que el tipo de anormalidad predominante es el tipo 1 (raíces débiles) y tipo 5 (sin raíces) para un periodo de envejecimiento de 96 horas.

Cuadro 4.1. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8171 con tamaño 7; sometidos a temperatura de 41°C y cuatro periodos de envejecimiento acelerado.

Tipo de anomalía	Periodos de Envejecimiento Acelerado(hr)				Total
	24	48	72	96	
1	8.5	6.5	3.5	10.5	29
2	0.5	1.5	0.5	0.5	3
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	6.5	4.5	0.5	0.5	12
5	1.5	6.5	5.5	10.5	24
6	1.5	2.5	4.5	6.5	15
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>22</b>	<b>15</b>	<b>29</b>	<b>85</b>

$$\chi^2 = 24.031 \text{ D.F.} = 15 \text{ (1)}$$

\* significativo  $\alpha = 0.10$

Para los tamaños 8, 8 5/64 de pulgada y estándar, bajo las condiciones antes descritas, no se encontró significancia entre periodos de envejecimiento acelerado y anomalía, por tal motivo no se presentaron más resultados.

Por lo que respecta a la variedad W823A, el tamaño 8/64 de pulgada bajo las condiciones antes mencionadas se observa en el Cuadro 4.2. que existe una diferencia altamente significativa ( $\alpha=0.01$ ) por lo tanto existe una dependencia entre periodos de envejecimiento y anomalía

para este tamaño, siendo el tipo de anomalía predominante el 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces) para un período de 96 horas. Para la misma variedad, los tamaños 9, 9.5/64 de pulgada y estándar con una temperatura de 41°C no existieron diferencias significativas, por lo tanto el período de envejecimiento acelerado no influye en la anomalía.

Cuadro 4.2. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A con tamaño 8, sometidos a una temperatura de 41°C y cuatro períodos de envejecimiento acelerado.

Tipo de anomalía	Períodos de Envejecimiento Acelerado (hr)				Total
	24	48	72	96	
1	12.5	6.5	4.5	18.5	42
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	10.5	6.5	0.5	0.5	18
5	0.5	0.5	6.5	12.5	26
6	0.5	1.5	8.5	0.5	11
TOTAL	25	16	21	33	95

$\chi^2 = 88.69$ , D.F. = 15

\*\* significativo a  $P < 0.01$

Para la variedad 8244 tamaños 9, 10 y 10 5/64 de pulgada, con una temperatura de 41°C (Cuadro 4.3, 4.4 y 4.5.) se puede observar que hay diferencias altamente

Cuadro 4.3. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 con tamaño 9, sometidos a temperatura de 41°C y cuatro periodos de envejecimiento acelerado.

Tipo de anomalía	Periodos de Envejecimiento Acelerado (hr)				Total
	24	48	72	96	
1	4.5	4.5	10.5	32.5	52
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	0.5	3.5	0.5	0.5	5
5	8.5	4.5	5.5	14.5	33
6	0.5	0.5	0.5	0.5	2
TOTAL	15	14	18	49	96

$\chi^2 = 34.390$  D.F. = 15

\*\* significativo  $p < 0.01$

Cuadro 4.4. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 con tamaño 10, sometidos a temperatura de 41°C y cuatro periodos de envejecimiento acelerado.

Tipo de anomalía	Periodos de Envejecimiento Acelerado (hr)				Total
	24	48	72	96	
1	5.5	7.5	0.5	16.5	30
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	0.5	0.5	0.5	0.5	2
5	0.5	3.5	8.5	13.5	26
6	2.5	2.5	5.5	6.5	17
TOTAL	10	15	16	38	79

$\chi^2 = 12.148$  D.F. = 15

\*\* significativo  $p < 0.01$

significativas ( $\alpha=0.01$ ), por lo tanto existe una dependencia entre periodos de envejecimiento y tipo de anormalidad. Predominando para dichos tamaños los tipos de anormalidad 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces) para un periodo de 96 horas.

En lo que respecta al tamaño estándar bajo las condiciones mencionadas anteriormente, no se encontró significancia entre periodos de envejecimiento acelerado y anormalidad

Las tres variedades sometidas a temperaturas de envejecimiento acelerado de  $45^{\circ}\text{C}$  mostraron los resultados siguientes:

En lo que respecta a la variedad 8171, tamaño 7 64avos de pulgada sometida a la temperatura de envejecimiento acelerado antes mencionada, el Cuadro 4.6. muestra que existe una alta significancia por lo tanto existe una dependencia entre periodo de envejecimiento acelerado y anormalidad, siendo los tipos de anormalidad el 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces) a un periodo de envejecimiento de 96 horas.

Para los tamaños 8, 8 5/64 de pulgada y estándar, bajo las condiciones antes mencionadas, no se encontró

Cuadro 4.5. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 con tamaño 10.5, sometidos a temperatura de 41°C y cuatro periodos de envejecimiento acelerado.

Tipo de anomalía	Periodos de Envejecimiento Acelerado (hr)				Total
	24	48	72	96	
1	2.5	0.5	0.5	25.5	29
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	5.5	10.5	11.5	0.5	28
5	2.5	6.5	4.5	16.5	30
6	0.5	0.5	0.5	0.5	2
TOTAL	12	19	18	44	93

$$\chi^2 = 95.564 \text{ D. P. } 15$$

\*\* significativo a  $\alpha = 0.01$

Cuadro 4.6. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8171 con tamaño 7, sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a diversos periodos de duración.

Tipo de anomalía	Periodos de Envejecimiento Acelerado (hr)				Total
	24	48	72	96	
1	5.5	1.5	9.5	25.5	42
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	5.5	0.5	4.5	12.5	23
5	0.5	9.5	0.5	18.5	29
6	0.5	1.5	0.5	0.5	12
TOTAL	13	14	16	67	110

$$\chi^2 = 29.43 \text{ D. P. } 15$$

\*\* significativo a  $\alpha = 0.01$

diferencias significativas entre periodos de envejecimiento y anormalidad.

En los Cuadros 4.7, 4.8 y 4.9 se puede observar que existe una alta significancia entre periodos de envejecimiento acelerado y anormalidad para la variedad W823A en sus tres tamaños (8, 9 y 9.5/64 pulgadas) siendo los tipos de anormalidad predominante el tipo 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces) a un periodo de envejecimiento de 96 horas.

Cuadro 4.7. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A con tamaño 8 sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a diversos periodos de duración.

Tipo de anomalía	Periodos de Envejecimiento Acelerado (hr)				Total
	24	48	72	96	
1	3.5	0.5	8.5	23.5	36
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	2.5	0.5	5.5	11.5	20
5	6.5	9.5	0.5	14.5	31
6	0.5	2.5	5.5	0.5	9
TOTAL	14	14	21	51	100

$\chi^2 = 34.943$  D. F. = 15

\*\* Significativo a  $P < 0.01$

Cuadro 4.8. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A, con tamaño 9 sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a diversos periodos de duración.

Tipo de anomalía	Periodos de Envejecimiento Acelerado (hr)				Total
	24	48	72	96	
1	6.5	7.5	6.5	37.5	58
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	5.5	7.5	0.5	0.5	14
5	7.5	0.5	9.5	14.5	32
6	0.5	2.5	6.5	11.5	21
<b>TOTAL</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>65</b>	<b>129</b>

$\chi^2 = 41.906$  D. F= 15

++ significativo  $\alpha = 0.01$

Cuadro 4.9. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A, con tamaño 9.5 sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a diversos periodos de duración.

Tipo de anomalía	Periodos de Envejecimiento Acelerado (hr)				Total
	24	48	72	96	
1	9.5	0.5	0.5	11.5	22
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	1.5	4.5	7.5	0.5	14
5	8.5	6.5	0.5	10.5	35
6	0.5	3.5	0.5	6.5	11
<b>TOTAL</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>19</b>	<b>28</b>	<b>86</b>

$\chi^2 = 32.258$  D. F= 15

++ significativo  $\alpha = 0.01$

Para el tamaño estándar bajo las condiciones descritas anteriormente, no se encontraron diferencias significativas entre periodos de envejecimiento y anormalidad.

En lo que respecta a la variedad 8244, tamaño 10 5/64 de pulgada, sometida a temperatura de 45°C de envejecimiento acelerado, el Cuadro 4.10 nos indica que existe una alta significancia entre periodos de envejecimiento y anormalidad, siendo los tipos de anormalidad predominante el tipo 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces) a un periodo de envejecimiento de 96 horas.

Cuadro 4.10. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 con tamaño 10.5 sometidos a una temperatura de envejecimiento acelerado de 45°C y a diversos periodos de duración.

Tipo de anomalía	Periodos de Envejecimiento Acelerado (hr)				Total
	24	48	72	96	
1	6.5	8.5	12.5	18.5	46
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	4.5	0.5	0.5	0.5	6
5	0.5	6.5	8.5	11.5	27
6	0.5	0.5	0.5	6.5	8
TOTAL	13	17	32	29	91

\*\*\* Significancia <math>P < 0.01</math>

Para los tamaños 9, 10 /64 de pulgada y estándar bajo las condiciones anteriores, no se encontró diferencias significativas entre periodos de envejecimiento y tipo de anormalidad.

Como se puede observar en los resultados anteriores existe una dependencia del periodo de envejecimiento y anormalidad, básicamente el periodo que más influye en producir mayores frecuencias de anormalidad es el de 96 horas, siendo el tamaño pequeño el más susceptible a producir anormalidades, tanto a temperaturas de  $41^{\circ}\text{C}$  como a  $45^{\circ}\text{C}$ . Podemos decir que a medida que sometemos a la semilla a un periodo de tiempo de envejecimiento mayor a 72 horas el deterioro de la semilla va aumentando provocando un incremento en el número de plántulas anormales como lo manifiestan Abdul-Baki y Anderson (1972). Este incremento de plántulas anormales es una clara manifestación fisiológica del deterioro como lo mencionan Delouche y Baskin (1973); quienes encontraron que el periodo de tiempo óptimo para realizar esta prueba en sorgo es de 72 horas. Si observamos los resultados anteriores podemos comprobar lo que estos autores afirmaron, pues en todos los casos tenemos las frecuencias más bajas de anormalidades en este periodo de tiempo (72 h). El tipo de anormalidad que más se presentó

fue el tipo 1 (raíces débiles) y tipo 5 (sin raíces), básicamente la manifestación de la anomalía está en la raíz.

Al analizar tamaño de semilla y tipo de anomalía para la variedad 8171 sometida a una temperatura de 41°C de envejecimiento acelerado y a periodos de envejecimiento de 24, 48, 72 y 96 horas. No se encontró significancia por lo tanto el tipo de anomalía no depende del tamaño de grano bajo las condiciones antes mencionadas.

En lo que respecta a la variedad W823A sometida a una temperatura de 41°C de envejecimiento acelerado y a periodos de envejecimiento de 24, 48, 72 y 96 horas se encontró una alta significación en el periodo de envejecimiento de 96 horas, se puede observar en el Cuadro 4.11 que existe una dependencia entre tamaño de grano y tipo de anomalía a una probabilidad de confianza de 99 por ciento, para esta variedad siendo los tipos de anomalía más frecuente el tipo 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces), para el tamaño 8/64 de pulgada.

Para los periodos de envejecimiento acelerado de 24, 48 y 72 horas, sometidos a una temperatura de 41°C para esta misma variedad (W823A) no se encontró dependencia entre tamaño de semilla y tipo de anomalía.

Cuadro 4.11. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A sometidos a una temperatura de 41°C y a un periodo de envejecimiento acelerado de 96 horas.

Tipo de anomalía	Tamaño de grano en /64 de pulgada estándar				Total
	8.0	9.0	9.5		
1	12.5	2.5	8.5	6.5	30
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	2.5	3.5	0.5	2.5	9
5	10.5	4.5	0.5	0.5	16
6	2.5	2.5	9.5	0.5	15
TOTAL	29	14	20	11	74

$$\chi^2 = 31.480 \text{ D. F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Al analizar la variedad 8244 sometida a 41°C y periodos de envejecimiento acelerado de 24, 48, 72 y 96 horas; existe una alta significancia entre tamaño de grano y tipo de anomalía (Cuadro 4.12 y 4.13) para los periodos de envejecimiento acelerado de 72 y 96 horas respectivamente, el tamaño 9/64 de pulgada fue el que presentó la más alta frecuencia para los tipos de anomalía 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces) en el caso de los dos tipos de envejecimiento acelerado.

En el caso de los periodos de envejecimiento acelerado de 24 y 48 horas sometidos a las condiciones antes

Cuadro 4.12. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 sometidos a una temperatura de 41°C y a un período de envejecimiento acelerado de 72 horas.

Tipo de anomalía	Tamaño de grano en 64avos de pulgada				Total
	9.0	10.0	10.5	estándar	
1	13.5	0.5	0.5	0.5	15
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	0.5	5.5	5.5	4.5	16
5	11.5	5.5	10.5	10.5	38
6	0.5	0.5	0.5	0.5	2
<b>TOTAL</b>	<b>27</b>	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>75</b>

$$X^2 = 33.118 \text{ D. F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Cuadro 4.13. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 sometidos a una temperatura de 41°C y a un período de envejecimiento acelerado de 96 horas.

Tipo de anomalía	Tamaño de grano en /64 de pulgada				Total
	9.0	10.0	10.5	estándar	
1	32.5	25.5	16.5	14.5	89
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	16.5	0.5	0.5	0.5	18
5	0.5	14.5	14.5	14.5	44
6	0.5	0.5	0.5	0.5	2
<b>TOTAL</b>	<b>51</b>	<b>42</b>	<b>33</b>	<b>31</b>	<b>157</b>

$$X^2 = 48.178 \text{ D. F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

mencionadas no se encontró significancia (dependencia) entre tamaño de semilla y tipo de anomalía.

Para el caso en que las variedades de sorgo fueron sometidas a una temperatura de 45°C y periodos de envejecimiento acelerado de 24, 48, 72 y 96 horas para el caso de la variedad 8171 no hubo significancia en ningún periodo de envejecimiento, por lo tanto en este material y a las condiciones antes mencionadas no hubo dependencia o influencia del tamaño de semilla y tipo de anomalía.

En lo que respecta a la variedad W823A sometidos a las condiciones de 45°C y periodos de envejecimiento acelerado de 24, 48, 72 y 96 horas, existe una alta significancia o dependencia entre tamaño de semilla y tipo de anomalía en los periodos de envejecimiento de 72 y 96 horas (Cuadros 4.14 y 4.15) siendo el tamaño 8/64 de pulgada el que presenta la más alta frecuencia para los dos casos, presentando los tipos de anomalía más frecuente el tipo 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces).

Para los periodos de envejecimiento acelerado de 24 y 48 horas no se encontró diferencia significativa entre tamaño de semilla y tipo de anomalía.

Cuadro 4.14. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A sometidos a una temperatura de 45°C y a un periodo de envejecimiento acelerado de 72 horas.

Tipo de anomalía	Tamaño de grano en 64avos de pulgada estándar				Total
	8.0	9.0	9.5		
1	11.5	9.5	9.5	6.5	37
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	5.5	0.5	7.5	0.5	14
5	9.5	0.5	8.5	0.5	19
6	5.5	0.5	0.5	6.5	13
TOTAL	33	12	27	15	87

$$N^2 = 38.835 \text{ D.F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Cuadro 4.15. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A sometidos a una temperatura de 45°C y a un periodo de envejecimiento acelerado de 96 horas.

Tipo de anomalía	Tamaño de grano en 64avos de pulgada estándar				Total
	8.0	9.0	9.5		
1	37.5	26.5	8.5	13.5	86
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	11.5	0.5	0.5	0.5	13
5	23.5	16.5	11.5	14.5	66
6	0.5	0.5	6.5	11.5	19
TOTAL	74	45	28	41	188

$$N^2 = 56.449 \text{ D.F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Para el caso de la variedad 8244 sometida también a una temperatura de 45°C y periodos de envejecimiento de 24, 48, 72 y 96 horas, no se encontró ninguna dependencia entre tamaño de grano y tipo de anormalidad para las tres variedades de sorgo, en lo que respecta a la variedad 8171, los cuatro tamaños clasificados sometidos a los cuatro periodos de envejecimiento acelerado (24, 48, 72 y 96 horas) no hubo ninguna dependencia entre temperaturas y tipo de anormalidades.

En este caso la influencia del tamaño en el tipo de anormalidad se puede observar que tanto en las temperaturas de 41°C y 45°C, y en el periodo de envejecimiento de 72 y 96 horas, en los casos que hubo significancia, el tamaño que manifestó la mayor frecuencia de anormalidades fue el tamaño pequeño. Lo encontrado por Abdullahi y Vanderlip (1972) con sorgo R5610 en el que observaron una baja en la germinación, vigor y un incremento en el número de plántulas anormales en semillas de tamaño pequeño confirma lo anterior.

Carleton y Cooper (1972) mencionan que el tamaño de la semilla parece que influye principalmente en el peso de plántula e incremento en el número de plántulas anormales, esta afirmación confirma lo observado en el presente estudio, en el cual el tamaño pequeño presentan las más altas frecuencias de anormalidad, manifestandose nuevamente

el daño a la raíz, ya que el tipo de anomalía más frecuente es el tipo 1 (raíces débiles) y tipo 5 (sin raíces).

Para la variedad W823A, existió una alta significancia (dependencia) entre temperatura y tipo de anomalía en los tamaños 8.0 y 9 0/64 de pulgada (Cuadros 4.16 y 4.17) presentando la más alta frecuencia la temperatura de 45°C a un período de envejecimiento acelerado de 96 horas, siendo los tipos de anomalía más frecuente el tipo 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces) para los dos tamaños antes mencionados.

Para los otros tamaños 9 5/64 de pulgada y estándar no se encontró dependencia entre temperatura y tipo de anomalía.

Al evaluar la variedad 8244 sometido cada tamaño a diferentes tipos de envejecimiento acelerado (24, 48, 72 y 96 horas) se encontró una alta significancia (dependencia) entre temperatura y tipo de anomalía en el tamaño 9/64 de pulgada sometido a un período de envejecimiento acelerado de 72 y 96 horas respectivamente (Cuadros 4.18 y 4.19) presentando la más alta frecuencia la temperatura de 45°C, siendo los tipos de anomalía más común los tipos 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces).

Cuadro 4.16. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A, tamaño 8.0 sometido a un período de envejecimiento acelerado de 96 horas.

Tipo de anomalía	Temperatura en °C		Total
	41	45	
1	8.5	10.5	19
2	0.5	0.5	1
3	0.5	0.5	1
4	0.5	4.5	5
5	0.5	9.5	10
6	0.5	5.5	6
<b>TOTAL</b>	<b>11</b>	<b>31</b>	<b>42</b>

$$\chi^2 = 16.352 \text{ D. F.} = 5$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Cuadro 4.17. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A, tamaño 9.0 sometido a un período de envejecimiento acelerado de 96 horas.

Tipo de anomalía	Temperatura en °C		Total
	41	45	
1	17.5	26.5	44
2	0.5	0.5	1
3	0.5	0.5	1
4	10.5	0.5	11
5	12.5	16.5	29
6	7.5	0.5	8
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>	<b>45</b>	<b>94</b>

$$\chi^2 = 17.470 \text{ D. F.} = 5$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Cuadro 4.18. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244, tamaño 9, sometidos a un período de envejecimiento acelerado de 72 horas.

Tipo de anomalía	Temperatura en °C		Total
	41	45	
1	0.5	16.5	17
2	0.5	0.5	1
3	0.5	0.5	1
4	5.5	0.5	6
5	10.5	13.5	24
6	0.5	0.5	1
TOTAL	18	32	50

$$\chi^2 = 18.802 \text{ D. F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Cuadro 4.19. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244, tamaño 9 sometidos a un período de envejecimiento acelerado de 96 horas.

Tipo de anomalía	Temperatura en °C		Total
	41	45	
1	12.5	17.5	29
2	0.5	0.5	1
3	0.5	0.5	1
4	6.5	0.5	7
5	0.5	16.5	17
6	8.5	0.5	9
TOTAL	29	36	65

$$\chi^2 = 28.853 \text{ D. F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Al observar la influencia de la temperatura en el tipo de anomalía, la temperatura que mayor frecuencia de anomalías manifiesta es la de 45°C, dichas temperaturas combinadas con un periodo de envejecimiento de 96 horas nos presentan las más altas frecuencias de anomalías.

Delouche y Baskin (1973) señalan que las temperaturas de 45°C es la óptima para realizar esta prueba, pero combinada con periodos de envejecimiento de 72 horas, por lo que se confirma que si se aumenta el periodo de tiempo de envejecimiento a 96 horas o más, en lo que se refiere a sorgo el deterioro de las semillas va aumentando, incrementándose el número de plantulas anómalas y otras manifestaciones fisiológicas como lo afirman Abdul Baki y Anderson (1972).

Se puede observar también que el tamaño pequeño es afectado por esta interacción de temperatura y periodo de envejecimiento (45°C y 96 horas), provocando también daño a la raíz, predominando el tipo 1 (raíz débil) y tipo 5 (sin raíces).

#### Daño Mecánico

En lo que respecta a este tratamiento, en las tres variedades de sorgo (8171, W823A, 8244), hubo diferencias

altamente significativas (dependencia) entre tamaño de semilla y tipo de anomalía como se aprecia en los Cuadros 4.20, 4.21 y 4.22, siendo el tamaño de semilla más pequeño (7, 8 y 9 respectivamente para cada uno de los materiales) el que presenta los tipos de anomalía más frecuente, siendo ellos el tipo 1 (raíces débiles) y el tipo 6 (coleotipo corto y raíces desarrolladas) para los tres materiales.

Cuadro 4.20. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8171 sometido a daño mecánico.

Tipo de anomalía	Tamaño de grano en 1/64 de pulgada				Total
	7	8	8.5	estándar	
1	18.5	12.5	6.5	4.5	42
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	0.5	0.5	1.5	0.5	3
5	0.5	0.5	0.5	6.5	8
6	12.5	10.5	6.5	8.5	38
TOTAL	33	25	16	21	95

$$\chi^2 = 55.597 \text{ D. F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Para los otros tres tamaños para las tres variedades no se encontró dependencia (significativa) entre tamaño de semilla y tipo de anomalía.

Cuadro 4.21. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad W823A sometido a daño mecánico.

Tipo de anomalía	Tamaño de grano en /64 de pulgada estándar				Total
	8	9	9.5		
1	37.5	7.5	6.5	6.5	58
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	0.5	2.5	0.5	5.5	9
5	11.5	0.5	6.5	0.5	19
6	14.5	7.5	9.5	7.5	39
<b>TOTAL</b>	<b>65</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>129</b>

$$\chi^2 = 44.306 \text{ D. F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

Cuadro 4.22. Frecuencias de anomalías de la interacción variedad 8244 sometido a daño mecánico.

Tipo de anomalía	Tamaño de grano en /64 de pulgada estándar				Total
	8	9	9.5		
1	18.5	12.5	8.5	6.5	46
2	0.5	0.5	0.5	0.5	2
3	0.5	0.5	0.5	0.5	2
4	0.5	0.5	0.5	4.5	6
5	6.5	0.5	0.5	0.5	8
6	11.5	8.5	6.5	0.5	27
<b>TOTAL</b>	<b>38</b>	<b>23</b>	<b>17</b>	<b>13</b>	<b>91</b>

$$\chi^2 = 32.149 \text{ D. F.} = 15$$

\*\* significativo  $\alpha = 0.01$

•

Como se puede observar, el tamaño de semilla más susceptible al daño mecánico en el presente estudio es el tamaño más pequeño, presentando la mayor frecuencia de anomalías.

Carvalho y Nakagawa (1983) afirman que tanto el tamaño grande como el tamaño pequeño sufren mayor daño; lo que influye en el incremento del número de plántulas anormales, ya que disminuye la germinación. Por lo tanto los resultados vienen a confirmar lo mencionado por los autores anteriores. El tipo de anomalía más frecuente es el tipo 1 (raíces débiles) y tipo 6 (coleóptilo corto y raíces desarrolladas). No se encontró diferencia aparente entre los híbridos evaluados.

## CONCLUSIONES

Después del análisis y discusión de los resultados obtenidos, se derivan las siguientes conclusiones:

1. Los tipos de anomalía en plántulas de sorgo que presentaron la más alta frecuencia en envejecimiento acelerado son el tipo 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces).
2. El periodo de envejecimiento acelerado que ocasiona la mayor frecuencia de anomalías es el de 96 horas.
3. La temperatura de envejecimiento acelerado que presenta la más alta frecuencia de anomalías es la de 45°C.
4. El tamaño pequeño presentó la más alta frecuencia de anomalía en envejecimiento acelerado.
5. Los tipos de anomalía más frecuentes originados por daño mecánico son del tipo 1 (raíces débiles) y el tipo 6 (coleotipo corto y raíces desarrolladas).

6. Existe dependencia entre tamaño de semilla y tipo de anormalidad para daño mecánico siendo el tamaño pequeño el más afectado.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, planteándose como objetivo: establecer un rango de tipo de anormalidades en plántulas de sorgo, causadas por envejecimiento y daño mecánico.

Para llevar a cabo este estudio se utilizó semilla de tres híbridos de sorgo de la Compañía PIONEER, los cuales se clasificaron en cuatro tamaños, sometiéndose cada material a dos temperaturas y cuatro períodos de envejecimiento. Los factores evaluados fueron producto de las combinaciones de temperatura, tamaños y períodos de envejecimiento que formaron un tratamiento experimental, los cuales fueron 32, evaluándose cuatro repeticiones. Para el caso de daño mecánico los factores evaluados fueron daño mecánico y tamaño de semilla cuyo producto formó ocho tratamientos evaluándose en cuatro repeticiones. los resultados fueron analizados en base a pruebas de independencia, siguiendo el procedimiento de la distribución Ji cuadrada ( $X^2$ ).

Los resultados obtenidos muestran que los tipos de anormalidades en plántulas de sorgo que presentaron la más alta frecuencia en envejecimiento acelerado son el tipo 1 (raíces débiles) y el tipo 5 (sin raíces), el periodo y temperatura de envejecimiento acelerado que ocasionan el mayor número de anormalidades es el de 96 horas y 45°C respectivamente, así como también el tamaño de la semilla pequeño es el que presentó los más altos valores de anormalidades. Los tipos de anormalidades originadas por daño mecánico son el tipo 1 (raíces débiles) y tipo 5 (coleóptilo corto y raíces desarrolladas). También se detectó el más alto número de anormalidades en la semilla pequeña. No se encontró diferencia aparente entre los híbridos evaluados.

## LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1972. Physiological and Biochemical Deterioration of seeds. In: Koslowsky T.T. (ed.). Seed Biology. Vol II. Academic Press, New York. U.S.A. p. 283-316.
- Abdullahi, A. and R.L. Vanderlip. 1972. Relationships of vigor test and seed source and size to sorghum seedling establishment. Agron. J. 64:143-144. U.S.A.
- Aisien, A.O. and B.P. Ghosh. 1978. Preliminary studies of the germination behaviour of guinea corn (*Sorghum vulgare*). J. of the Sci. of food and agriculture. 29(10):851-852. U.S.A.
- Andersen, A.M. 1954. A study normal and abnormal seedling of some small seeds. Proceedings of the Association of Official Seed Analysts North America. 44:188-201. U.S.A.
- Anderson, J.D. 1970. Physiological and biochemical differences in deteriorating barley seeds. Crop. Sci. 10(1):36-39. U.S.A.
- \_\_\_\_\_. 1973. Metabolic changes associated with senescence. Seed Sci. and Technol. 1. 401-416. The Netherlands.
- Andrews, H.C. 1985. Calidad de la semilla y su función de la cosecha. Curso sobre tecnología de semillas. CIAT. Cali, Colombia.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1978. Rules for testing seeds. J. of Seed Technol. 3(3):1-126. U.S.A.

- Bartel, A.T. and J.H. Martin. 1938. The growth curve of sorghum. J. Agr. Res. 57:843-849. U.S.A.
- Berlyn, P.G. 1972. Seed germination and morphogenesis. In: Kozlowsky, T.T. (ed.) Seed biology. Vol II. Academic press. U.S.A.. p. 223-304. 3-304.
- Bidwel, S.G.R. 1979. Fisiología vegetal. AGT editor. México, D.F. p. 77, 454-457.
- Bradbeer, J.W. 1988. Seed dormancy and germination. Ed. Chapman and Hall. New York. p. 1-37. U.S.A.
- Borthwicw W. 1978. Assesment of Seed Quality. J. Hort. Sci. 43:395-401.
- Carleton, A.E. and C.V. Cooper. 1972. Seed size effects upon seedling vigor of three forage legumes. Crop.Sci. 12:183-186. U.S.A.
- Carvalho, N.M. e J. Nakagawa. 1983. Sementes. Ciencia, tecnologia e produção. 2 ed. Fundação Cargill. Campinas, Brasil. 429 p.
- Ching, T.M. and M. Plerpoint. 1957. Evaluation of germinated seedlings of king gree bean. Proceedings of the Official Seed Analysts North America. 47. 122-125. U.S.A.
- Chinna, B.S. and P.S. Phul. 1982. Association of seed size and seedling vigour with various morphological traits in pearl millet. Seed Sci. and Technol. 10:541-545. The Netherlands.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1985. Principles of seed science and technology. Burgess publishing company. Minneapolis, Minnesota. p. 121-143. U.S.A.
- Delouche, J.C. 1964. El proceso de la germinacion. Curso internacional de entrenamiento sobre semillas mejoradas para America Latina. Campinas, Brasil.
- ..... 1973. Precepts of seed storage (revised) seed technology laboratory. Mississippi State University. Mississippi State, Mississippi. U.S.A.

- \_\_\_\_\_. 1979a. Preparación de programas de semillas en: Freistritzer, W.P. y A.F. Kelly (Comp.). Mejoramiento de la producción de semillas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. p. 47-99.
- \_\_\_\_\_. 1979b. Germinación de la semilla. Seed Technology Laboratory. Mississippi State University. Mississippi State, Mississippi. U.S.A. 38p.
- \_\_\_\_\_. 1981. Daños mecánicos a la semilla. Seed technology laboratory. Mississippi State University. Mississippi State, Mississippi. U.S.A. p. 3.
- Delouche, J.C. and C.C. Baskin. 1973. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Sci. and Technol. 1:427-452. The Netherlands.
- Dickson, M.H. 1980. Genetics aspects of seed quality. Hort. Sci. 15(6):771-774. U.S.A..
- Echandi, Z.R. 1978. Pruebas de semillas como elemento esencial en el control de calidad. En: Seminario internacional sobre tecnología de semillas para Centroamérica, Panamá y el Caribe. Boyd, A.H., R.Z. Echandi (Eds.). p. 1-4. San José, Costa Rica.
- Evans, F.U. and F.C. Stickler. 1961. Grain sorghum seed germination under moisture and temperature stresses. Agronomy Journal. 53:369-372. U.S.A.
- Garay E.A. 1985. Calidad de la semilla y su importancia en la productividad. Curso sobre tecnología de semillas. CIAT. Cali, Colombia.
- García G., J.C. 1981. Control de calidad de la semilla en postcosecha. I curso avanzado en protección y control de calidad de semillas. CIAT. Cali, Colombia.
- Heydecker, W. 1960. Can we measure seedling vigour. Proc. Int. Seed Test. Assoc. 25:498-512. The Netherlands.
- \_\_\_\_\_. 1972. Vigor: In: E.H. Roberts. ed. Viability of seeds. Syracuse University Press, Syracuse, N.Y. 209-252. U.S.A.

- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). 1988. Boletín de información oportuna del sector alimentario. No. 30, 67 p. México.
- Infante G., S. 1980. Métodos Estadísticos no Paramétricos. Centro de Estadística y Cálculo. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. P. 87-105.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1976. International Rules for Seed Testing. Seed. Sci. and Technol. 4:3-49. The Netherlands.
- \_\_\_\_\_. 1979. Manual para evaluación de plántulas. En: Análisis de germinación. Ed. Instituto Nacional de Semillas y Plantas de Vivero. Madrid, España. p. 14-18.
- \_\_\_\_\_. 1985. International rules for seed testing. Seed Sci. and Technol. 13(2):301-519. The Netherlands.
- Justice, O.L. and N. Bass. 1978. Principles and practices of seed storage. USDA Agriculture Handbook. No. 506. U.S.A.
- Knapp, D.A. 1988. Germinación de la semilla. Curso internacional de capacitación sobre tecnología de semillas de maíz. CIMMYT. Batán, Edo. de México. p. 1-34.
- MacDonald, M.B. 1975. A review and evaluation of seed vigor tests. Proc. Assoc. Off. Seed Anal. 65:109-139. U.S.A..
- Mackay. D.B. and R.J. Flood. 1968. Investigations in crop seed longevity III. Viability of grass and clover seed stored in permeable and impermeable containers. Journal of the Nati Rai Institute of Agricultural Botany. 11:378-403. U.S.A.
- Maranville. J.E. and M.D. Clegg. 1977. Influence of seed size and density on germination, seedling emergence, and yield of grain sorghum. Agron. J. 69:329-330. U.S.A..

- Marroquín, T.A. 1984. Pruebas de germinación en semillas. VIII curso de post grado en tecnología de semillas. CIAT. Cali, Colombia.
- Mayer, A.M. and A. Poljakoff-Mayber. 1986. The germination of seeds. 3a. ed. Ed. A. Wheaton and Co. Ltd. Great Britain. p. 22-49.
- Mendoza O., L. 1985. Causas y Consecuencias de la deterioración de las semillas. Curso sobre calidad de semillas y control de enfermedades transmitidas por semilla. CIAT. Cali, Colombia.
- Miranda, F. 1984a. Madurez Fisiológica de semillas. VIII curso de post grado en tecnología de semillas. CIAT. Cali, Colombia. p. 13.
- \_\_\_\_\_. 1984b. Deterioro post cosecha de semillas. VIII curso de post grado en tecnología de semillas. CIAT. Cali, Colombia. p. 33.
- Moore, R.P. 1972. Effects of mechanical injuries on viability. In: E.H. Roberts, ed. Viability of seed. Syracuse University, Syracuse, N.Y. p. 94-113. U.S.A.
- Popinigis, F. 1985. Fisiologia de semente. 2 ed. CDA. Brasil. p. 157-163.
- Prakobboon, N. 1982. A study of abnormal seedling development in soybean as affected by threshing injury. Seed Sci. and Technol. 10:495-500. The Netherlands.
- Seed Technology Laboratory. 1982. Causes of abnormal seedling in germination that you should recognize. Mississippi State University. U.S.A.
- Seed Technology Laboratory, Mississippi Agricultural Experiment Station Mississippi State University. 1960. Clasificación de tipos de anomalías de plantulas de sorgo. Far East Seed Improvement Training Course. Taichung, Taiwan.

- Soplin V., H. 1980. El deterioro en semillas. Publicación Miscelánea. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú. p. 14.
- \_\_\_\_\_. 1981. Enfoques al problema de deterioro en campo. Publicación Miscelánea. Departamento Académico de Fitotecnia. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú. 21 p.
- Stanway, V.M. 1977. Evaluation of forest soybeans with damaged seedcoats. Preprint 55, 18Th. ISTA. Congress. Madrid.
- Swanson, A.F. and R. Hunter. 1936. Effect of germination and seed size sorghum stands. J. Amer. Soc. Agron. 28:997-1004. U.S.A.
- Thomson, J.R. 1979. An introduction to seed technology. Thomson Litho Ltd. East Kilbride, Scotland. Great Britain. p. 252.
- Toole, E.H. 1950. Relation of seed processing and conditions during storage on seed germination. Proceeding of The International Seed Testing Association. 16:214-244. The Netherlands.
- Toole, E.H. and V.K. Toole. 1960. Viability of snap bean as affected by threshing or processing injury. US Agricultural Research Service. Technical Bulletin. No. 1213. U.S.A.
- Vanderlip, R.L. 1973. Evaluation of vigour test for sorghum seed. Agron. J. 65:486-488. U.S.A.
- Verhey, J.O. 1961. Viability of Seeds. Crop Sci. 2:13-14. U.S.A.
- Wood, D.W. 1977. Seed size variation; its extent, source and significance in filed crops. Seed Sci. and Technol. 5:337-352. U.S.A.

00009

BANCO DE TESIS  
U.A.A.A.N.