

DETERIORO DE LA CALIDAD DE SEMILLA DE TRIGO

(*Triticum aestivum* L.) EN PRECOSECHA

MIGUEL ANGEL AVILA PERCHES

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.

JUNIO DE 1992

Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS**

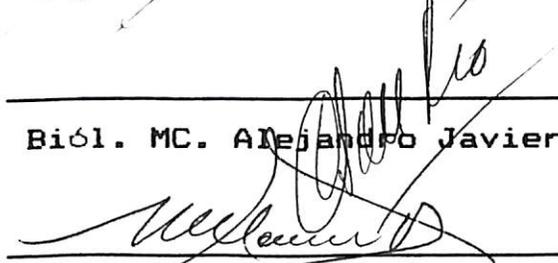
COMITE PARTICULAR

Asesor principal



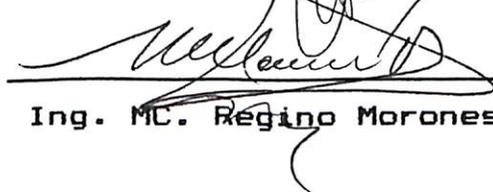
Ing. MC. Manuel Estrella Miranda

Asesor:

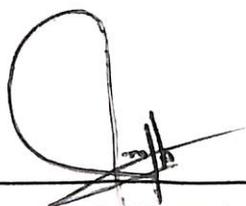


Biól. MC. Alejandro Javier Lozano del Río

Asesor:



Ing. MC. Regino Morones Reza



Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"

Dr. José Manuel Fernández Brondo
Subdirector de Asuntos de Postgrado



BIBLIOTECA

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Junio de 1992

AGRADECIMIENTOS

Al pueblo de México, que con su trabajo y aportaciones hace posible la educación gratuita.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por el apoyo económico para efectuar mis estudios de postgrado.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y al Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas, por las facilidades otorgadas durante la realización de mis estudios de maestría.

Al MC. Manuel Estrella Miranda, por su orientación durante mis estudios, por su colaboración en la planeación, conducción y finalización de la presente investigación.

Al MC. Alejandro Javier Lozano del Río, por su apoyo y revisión del presente trabajo.

Al MC. Regino Morones Reza, por sus valiosas sugerencias y conocimientos aportados.

A todos mis maestros, en especial a la MS. Leticia A. Bustamante Garcia por las enseñanzas transmitidas.

A la Ing. Nicolasa Acosta, TLQ. Sandra Luz Garcia, Srita. Jovita Escobedo G., a los Sres. Gabriel Cabello M., Ismael Martínez y José A. Trejo, por su apoyo desinteresado.

A los compañeros de especialidad: Pedro, Alberto, Victor, Carlos, Roberto, Jesús y Fernando por su amistad.

A la Sra. Lourdes Villarreal Saucedo por su colaboración en la mecanografía del presente trabajo.

A todas aquellas personas omitidas involuntariamente, muchas gracias.

DEDICATORIA

A mis padres:

Ma. Luisa Perches de Avila (†)

Alfonso Avila Medina

*Por todos los consejos y ayuda que me
han brindado, mi eterna gratitud.*

A mis hermanos:

Alfonso y Antonio, *por el cariño que nos
une.*

A la Srita. Rosa Ma. Mexicano Reyes,

Por su apoyo y comprensión.

COMPENDIO

Deterioro de la Calidad de Semilla de Trigo (*Triticum aestivum* L.) en Precosecha

POR:

MIGUEL ANGEL AVILA PERCHES

MAESTRIA

TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNIO DE 1992

Ing. MC. Manuel Estrella Miranda -Asesor-

Palabras clave: Trigo, calidad de semilla, fecha de cosecha, madurez fisiológica, índice de deterioro.

Esta investigación se realizó con el objetivo de determinar la magnitud del deterioro de la semilla de trigo bajo la influencia de diferentes condiciones ambientales en precosecha. Para lo cual durante 1990 fueron establecidas dos fechas de siembra con las variedades Aricosta S-83,

Ciano T-79 y Pavón F-76, que fueron cosechadas en siete fechas: a madurez fisiológica, 7, 14, 21, 28 y 35 días después, además de un último corte que permaneció por más tiempo en el campo.

Los resultados obtenidos muestran que la fecha de siembra no afectó significativamente la expresión de los parámetros evaluados. Los genotipos estudiados exhibieron respuestas diferenciales en las características analizadas. La mayor calidad física y fisiológica de semilla de trigo se obtuvo al cosechar en madurez fisiológica y siete días después.

La precipitación pluvial fue un factor climático importante, ya que ocasionó una severa disminución de la calidad de semilla en la última cosecha, dicho descenso fue más evidente en Aricosta S-83, en tanto que Pavón F-76 fue más tolerante y Ciano T-79 se comportó en forma intermedia. El índice de deterioro diario acumulado se asoció negativa y significativamente con peso volumétrico, germinación estándar, germinación después de envejecimiento acelerado y peso seco de plántula de envejecimiento acelerado.

ABSTRACT

DETERIORATION OF SEED QUALITY OF PRE-HARVEST WHEAT
(*Triticum aestivum*)

BY

MIGUEL ANGEL AVILA PERCHES

MASTER OF SCIENCES

IN

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. JUNE, 1992

Ing. M. C. Manuel Estrella Miranda -Advisor-

Key words: Wheat, seed quality, date of harvest, physiological maturity, rate of deterioration.

This research was carried out with the objective of determining the amount of deterioration in wheat seed under different pre-harvest weather conditions. In order to attain the above mentioned objective during 1990 two seeding dates were established with varieties, Aricosta S-83, Ciano T-79 and Pavón F-76, which were harvested in seven dates; to physiological maturity, to 7, 14, 21, 28 and 35 days later and a last cutting which remained longer on the field.

Obtained results show that date of seeding did not significantly affect the expression of the evaluated parameters. Studied genotypes showed differential responses in the analyzed characteristics. The highest physical and physiological qualities of wheat seed were obtained when harvesting at physiological maturity and seven day later.

Rainfall was an important climatological factor since it caused a severe fall in quality of seed in the last harvesting, this fall was more evident in Aricosta S-83 while Pavón F-76 was more tolerant and Ciano T-79 remained in an intermediate rank. The daily accumulated rate of deterioration was significantly but negatively correlated to volumetric weight, standard germination, germination after accelerated aging and dry weight of accelerated aging plantule.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xv
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	4
Calidad de la Semilla.....	4
Madurez Fisiológica de Semillas.....	7
Deterioro de la Calidad de Semilla.....	15
Deterioro de la Semilla en Precosecha.....	17
Evaluación de la Calidad Física y Fisiológica de la Semilla.....	15
MATERIALES Y METODOS.....	17
Descripción del Area de Estudio.....	25
Material Genético Utilizado.....	31
Tratamientos en Estudio y Diseño Experimental.....	32
Conducción del Experimento.....	34
Variables Evaluadas.....	35
Análisis Estadístico.....	36
RESULTADOS Y DISCUSION.....	42
CONCLUSIONES.....	99
RESUMEN.....	101
LITERATURA CITADA.....	104

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
3.1	Condiciones climáticas imperantes durante el desarrollo del cultivo de trigo.....	31
3.2.	Descripción de los factores en estudio con sus respectivos niveles.....	34
3.3.	Fecha de realización de las diferentes cosechas efectuadas en el estudio.....	37
3.4.	Condiciones climáticas prevalecientes durante los meses de mayo, junio y julio de 1990 que comprende el período de postmaduración de semilla de trigo en Buenavista, Saltillo, Coah.....	44
4.1.	Promedios del peso seco y contenido de humedad durante el período de maduración y postmaduración de semilla de tres variedades de trigo sembrada el ocho de enero de 1990.....	51
4.2.	Promedios del peso seco y contenido de humedad durante el período de maduración y postmaduración de semilla de tres variedades de trigo, sembrada el 10. de febrero de 1990.....	52

Cuadro No.		Página
4.3.	Períodos de permanencia en el campo de la semilla de trigo cosechada en siete fechas.....	59
4.4.	Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables rendimiento y calidad física de semilla de tres variedades de trigo cosechadas en seis fechas.....	61
4.5.	Separación de medias de los efectos ambiente, variedad y ambiente por variedad de las variables rendimiento y calidad física de semilla de trigo..	62
4.6.	Separación de medias de los efectos fecha de cosecha y ambiente por fecha de cosecha de las variables rendimiento y calidad física de semilla de trigo...	63
4.7.	Separación de medias del efecto variedad por fecha de cosecha de las variables rendimiento y calidad física de semilla de trigo.....	64
4.8.	Cuadrados medios del análisis de varianza de cuatro características de la calidad fisiológica de semilla de tres variedades de trigo cosechada en seis fechas.....	75
4.9.	Separación de medias de los efectos ambiente, variedad y ambiente por	

Cuadro No.		Página
	variedad de cuatro características de la calidad fisiológica de semilla de trigo.....	76
4.10.	Separación de medias de los efectos fecha de cosecha y ambiente por fecha de cosecha de cuatro características de la calidad fisiológica de semilla de trigo.....	77
4.11.	Separación de medias del efecto variedad por fecha de cosecha de cuatro características de la calidad fisiológica de semilla de trigo.....	80
4.12.	Cuadrados medios del análisis de varianza de tres características de semilla de tres variedades de trigo cosechada en seis fechas.....	90
4.13.	Separación de medias de los efectos ambiente variedad y ambiente por variedad de tres características de semilla de trigo.....	91
4.14.	Separación de medias del efecto variedad por fecha de cosecha de tres características de semilla de trigo....	93
4.15.	Indice de deterioro acumulado para las seis cosechas de semilla de tres variedades de trigo.....	96

Cuadro No.

Página

4.16. Matriz de correlación de 10
características y el índice de
deterioro de semilla de trigo
cosechada en seis fechas.....

97

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
4.1.	Comportamiento del contenido de humedad y el peso seco de semilla de trigo, durante la maduración y postmaduración de la variedad Aricosta S-83.....	53
4.2.	Comportamiento del contenido de humedad y el peso seco de semilla de trigo, durante la maduración y postmaduración de la variedad Ciano T-79.....	54
4.3.	Comportamiento del contenido de humedad y el peso seco de semilla de trigo, durante la maduración y postmaduración de la variedad Pavón F-76.....	55
4.4.	Condiciones climáticas prevalecientes durante el período de postmaduración de semilla de trigo en Buenavista, Coah., en 1990.....	58
4.5.	Rendimiento de semilla de tres variedades de trigo cosechadas en seis fechas.....	66
4.6.	Peso de 1000 semillas de trigo cosechadas en siete fechas.....	68
4.7.	Peso volumétrico de semilla de trigo cosechada en siete fechas en dos	

Figura No.		Página
	ambientes de producción.....	71
4.8.	Peso volumétrico de semilla de tres variedades de trigo cosechada en siete fechas.....	73
4.9.	Germinación estándar de semilla de trigo cosechada en siete fechas en dos ambientes de producción.....	79
4.10.	Peso seco de plántula de germinación estándar de semilla de trigo cosechada en siete fechas en dos ambientes de producción.....	83
4.11.	Germinación después de envejecimiento acelerado de semilla de trigo cosechada en siete fechas en dos ambientes de producción.....	85
4.12.	Peso seco de plántula de germinación después de envejecimiento acelerado de semilla de tres variedades de trigo cosechada en siete fechas.....	88
4.13.	Índice de deterioro diario durante la etapa de postmaduración de semilla de trigo en Buenavista, Coah., en 1990....	95

INTRODUCCION

El trigo es una especie que presenta un amplio rango de adaptación, de tal manera que en la actualidad a nivel mundial, es el cereal más importante, ya que ocupa el primer lugar en producción y superficie cultivada.

En nuestro país constituye uno de los alimentos básicos de la población, actualmente ocupa el segundo lugar en cuanto a volumen de producción con 3.2 millones de toneladas y el tercero en lo que se refiere a superficie cultivada, con 1,074,547 hectáreas; de esta extensión, aproximadamente el 90 por ciento se siembra con semilla certificada (Rodríguez y Espinosa, 1990). Debido a lo anterior resulta necesario generar tecnología tendiente a obtener simientes de la más alta calidad.

En el desarrollo y productividad de los cultivos están involucrados una serie de factores tales como: variedad, fertilidad del suelo, temperatura, humedad, insectos, enfermedades; es ampliamente conocido que niveles no favorables de algunos, o combinación de estos factores, pueden limitar severamente la producción, pero desafortunadamente la calidad de la semilla a sembrar no ha

tenido aún el mismo reconocimiento.

La semilla alcanza la más alta calidad cuando se encuentra en el punto de madurez fisiológica, es en esta etapa en la cual presenta valores máximos en cuanto a peso seco, poder germinativo y vigor. A partir de este momento, la semilla permanece prácticamente almacenada en la planta madre en el campo hasta presentar condiciones apropiadas de humedad que permitan efectuar la cosecha mecánica directa.

A partir de que la semilla alcanza su madurez fisiológica, comienza a sufrir un deterioro de su calidad. Asimismo, durante el período de madurez fisiológica a cosecha, pueden ocurrir condiciones ambientales adversas tales como alta temperatura y humedad relativa elevada, así como la presencia de lluvias, que pueden afectar significativamente la calidad de la simiente y en el caso del trigo, se pueden manifestar daños severos como la germinación prematura de la semilla en la espiga, disminución de peso y pérdida del color original de la variedad.

En base a lo anterior, resulta interesante conocer de que manera las condiciones climáticas que ocurren durante la postmaduración del cultivo de trigo, pueden afectar la calidad de la semilla; es por esto que se realizó el presente estudio, con el siguiente:

Objetivo

Determinar la magnitud del deterioro de la semilla de trigo bajo la influencia de diferentes condiciones ambientales en precosecha.

Hipótesis

1. La cosecha efectuada en madurez fisiológica o lo más cercano posible a ésta, es favorable para obtener la más alta calidad de la semilla de trigo.
2. Las condiciones climáticas en el período de postmaduración influyen significativamente en la calidad de la semilla de trigo.
3. La dimensión de la pérdida de calidad de la semilla de trigo en precosecha, es diferente de acuerdo a la variedad.

REVISION DE LITERATURA

Calidad de la Semilla

La calidad de la semilla es un término relativo y significa el grado de excelencia cuando se compara con un estándar aceptable (Fernández, 1985). Es un concepto múltiple que puede ser calificado particularmente a partir de ciertos atributos como: pureza varietal, germinación, vigor, sanidad, apariencia, uniformidad, pureza física, grado de daño mecánico, estado de madurez, entre otros (Thomson, 1979).

La calidad de semilla es la sumatoria de todos los atributos genéticos, sanitarios, físicos y fisiológicos (Popinigis, 1985).

El componente genético se refiere a la calidad que obtiene el fitomejorador, es decir, un material genético de características sobresalientes la cual está determinada por el genotipo de la variedad o híbrido (Bustamante, 1982).

El componente sanitario se refiere a la condición de la semilla en cuanto a la presencia o ausencia de hongos,

bacterias, virus y nemátodos (Fernández, 1985). Al respecto, Copeland y McDonald (1985) señalan que los patógenos llevados en la semilla afectan directa e indirectamente la calidad de las semillas y son capaces de reducir la productividad de los cultivos.

La calidad física abarca aspectos tales como: pureza analítica, contenido de humedad, tamaño, peso y color. La pureza analítica nos indica el grado de contaminación con semillas extrañas y materia inerte. El contenido de humedad es un carácter de interés, ya que puede afectar la calidad fisiológica de la semilla durante el almacenamiento. El tamaño y peso son indicadores de la excelencia de la simiente, ya que un cultivo sujeto a condiciones ambientales adversas presentará una disminución en su peso volumétrico o de 1000 semillas. Finalmente, el color de la semilla es una característica propia de cada variedad o híbrido y en ocasiones es un indicativo de la presencia de microorganismos (Thomson, 1979).

El componente fisiológico se refiere a la característica de viabilidad de una semilla, a la alta capacidad de germinación y vigor para establecer nuevos individuos (Bustamante, 1982).

Actualmente las pruebas de germinación han sido aceptadas y se utilizan universalmente para determinar la

calidad fisiológica de un lote de semillas; la prueba de germinación se diseñó para medir el máximo potencial de viabilidad de las semillas (Copeland y McDonald, 1985).

La Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983) define que la germinación en el laboratorio es la emergencia y desarrollo a partir del embrión de aquellas estructuras esenciales, que por la clase de semilla en estudio, son indicadoras de su capacidad para producir una planta normal bajo condiciones favorables.

La filosofía general de la evaluación de germinación es inadecuada para evaluar el potencial de emergencia, debido a que las semillas son germinadas en condiciones óptimas, pero desafortunadamente, pocas veces se encuentran dichas condiciones en el campo y no es extraño que la emergencia es a menudo menor que la germinación obtenida en el laboratorio. Por otro lado, la prueba de germinación falla en tomar en cuenta la naturaleza progresiva del deterioro de la semilla. Por lo tanto, se ha fijado bastante interés en desarrollar otro, o un parámetro suplementario de calidad conocido ahora como vigor de la semilla (McDonald, 1984).

La International Seed Testing Association (ISTA, 1985) define el vigor como "la suma total de aquellas propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad

de la semilla o lote de semillas durante la germinación y emergencia de plántulas" (Ferry, 1981).

Por otro lado, la AOSA (1983) propone la siguiente definición: "el vigor de la semilla comprende aquellas propiedades que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo".

Popinigis (1985) señala que las principales causas que influyen en el nivel de vigor de la semilla, son: factores genéticos, condiciones ambientales durante el desarrollo, factores ecológicos en la etapa de madurez a cosecha, densidad, tamaño y peso de la simiente, integridad mecánica y sanidad, entre otros.

Madurez Fisiológica de Semillas

La madurez fisiológica es una etapa importante, ya que en ese momento la semilla alcanza valores máximos en cuanto a peso seco, capacidad germinativa y vigor (Soplin, 1981). Lo anterior ha sido reportado en variedades de maíz (Knittle y Burris, 1976), sorgo (Kersting et al., 1961), soya (Miles et al., 1988), avena (Frey et al., 1958) y triticale (Bishnoi, 1974).

En lotes de trigo destinados a la producción de semilla, es primordial determinar en que etapa del desarrollo de la semilla se obtienen los niveles máximos de germinación y vigor, así como conocer también su relación con la acumulación de carbohidratos y el contenido de humedad, de manera que el cultivo pueda ser cosechado en su óptimo de calidad y rendimiento (Odiemah y Atta, 1985).

Durante el período de maduración de la semilla se observan algunas modificaciones en ciertas características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas, tales como: disminución de la humedad, acumulación de materia seca, desarrollo de estructuras esenciales, incremento en el tamaño y aumento en el nivel de sustancias de reserva, entre otras (Popinigis, 1985).

En lo que respecta al período de maduración de semilla de trigo, se observó en Australia que el contenido de agua desciende, al principio lentamente y luego, una vez que llega alrededor de un 40 por ciento, disminuye en forma súbita hasta alcanzar un 5 a 14 por ciento (Evans *et al.*, 1975). Asimismo, en Brasil, después de que la semilla de trigo disminuyó hasta un 40 por ciento de humedad, se presentó una caída rápida de manera que 12 días después de este momento el contenido de agua era de 14 por ciento (Carvalho y Yanai, 1976). Por otro lado, en trigo en la India se observó que la pérdida de agua se inició lentamente

durante el período de 14 a 21 días después de antesis y luego de esta etapa se presentó una caída excesiva (Agrawal y Kaur, 1977).

El grado de disminución de la humedad durante la etapa de madurez depende de la especie, cultivar y condiciones climáticas (Carvalho y Nakagawa, 1983). En este aspecto, Clarke (1983) en Canadá, no encontró diferencias al comparar el nivel de deshidratación de semilla de diversas variedades de trigo después de madurez fisiológica, no obstante, señala que durante el estudio se observó un rápido secado, lo cual pudo haber enmascarado las posibles diferencias genotípicas. Asimismo, Andersen y Andersen (1980) señalan que en Dinamarca, en semilla de cebada, la disminución diaria del porcentaje de humedad (desde el 50 al 40 por ciento) fue de 0.7 y 1.2 por ciento en ambiente húmedo y seco, respectivamente, en tanto que cuando el contenido de agua pasó de 40 a 20 por ciento, el descenso fue mayor pudiendo llegar al cinco por ciento diario.

Después de la drástica disminución de la humedad, el contenido de agua de la semilla comienza a oscilar de acuerdo al comportamiento de la humedad del ambiente, demostrando con esto que a partir de esta etapa, la planta madre no ejerce control alguno sobre el porcentaje de humedad de la simiente (Carvalho y Nakagawa, 1983). En este aspecto, Dodds y Pelton (1967) señalan que durante el

período de madurez fisiológica a cosecha, las variaciones en el contenido de agua de la semilla de trigo son ocasionadas por diversas variables meteorológicas y que la lluvia es el principal factor que contribuye a un incremento en el porcentaje de humedad.

Por otro lado, es importante el estudio de la materia seca, ya que por ejemplo en maíz se observó que el máximo peso seco de semilla fue la característica que mejor se correlacionó con el mayor vigor de plántula, lo cual es debido a la cantidad de reservas acumuladas en la simiente, lo cual es un factor que contribuye a una mayor vitalidad de la plántula en desarrollo (Knittle y Burris, 1976). Al respecto, Bohorquez *et al.* (1985) señalan que el peso seco es el parámetro más confiable para determinar el punto de madurez fisiológica en las semillas de trigo.

En una semilla en desarrollo, la materia seca se acumula inicialmente de manera lenta, después comienza una fase de rápida y constante acumulación, hasta que un máximo es alcanzado, al final de este período se puede observar una pequeña disminución, como resultado de pérdidas originadas por la respiración de la simiente (Carvalho y Nakagawa, 1983). Este comportamiento ha sido reportado también en genotipos de sorgo (Kersting *et al.*, 1961), avena (Lee *et al.*, 1979) y trigo (Scott *et al.*, 1957)

Agrawal y Kaur (1977) señalan que durante el período de maduración de trigo se observó un rápido incremento del peso seco de la semilla hasta los 35 días después de antesis e indican que el contenido de almidón tuvo un comportamiento similar, asimismo, mencionan que después de este punto se presentó un descenso de la materia seca de la simiente, acompañada por una pérdida de almidón, por último, manifiestan que estos descensos pueden ser ocasionados por un incremento en el nivel respiratorio después de madurez fisiológica. En este aspecto, Howell et al. (1959) señalan que un ambiente húmedo impide la deshidratación natural al final de la etapa de maduración de semilla de soya, ocasiona que se mantengan niveles altos de respiración, lo cual puede reducir la cantidad de azúcares y otros materiales almacenados y originar pérdidas en peso seco.

Sofield et al. (1977) señalan que en trigo el contenido de nitrógeno y fósforo se incrementó linealmente durante el período de crecimiento de la semilla e indican que la entrada de agua hacia el interior del grano continuó en un nivel constante hasta que el máximo peso seco fue alcanzado y luego cesó repentinamente; por último, mencionan que la acumulación de materia seca, nitrógeno y fósforo, y entrada de agua hacia el interior de la simiente, se suspendió en la etapa en que se observó una acumulación de lípidos en la zona de la chalaza, por lo cual sugieren que el crecimiento del grano se termina por un bloqueo de

lípidos en la zona del pliegue de la semilla. En este aspecto Duffus y Slaughter (1985) indican que todos los nutrientes son proporcionados al endospermo en desarrollo y al embrión del trigo a través del tejido vascular en el pliegue de la semilla, asimismo, manifiestan que dichos nutrientes deben atravesar primero la región de la chalaza, luego la proyección nuclear, y finalmente la capa de aleurona antes de entrar al endospermo. Por otro lado, Zee y O'Brien (1970) manifiestan que la acumulación de sustancias lípidas en el pliegue de la semilla de trigo, coincide con la interrupción del transporte de sustancias nutritivas hacia el endospermo.

Es importante conocer la relación entre la tasa de acumulación de materia seca y la reducción del contenido de humedad de la semilla (Andersen y Andersen, 1980). Así, por ejemplo, en trigo se observó que cuando se alcanza el 95 por ciento de máximo peso seco de semilla, se presentó una drástica disminución en el contenido de humedad de la simiente (Hanft y Wych, 1982). Similares resultados son reportados en cebada (Copeland y Crookston, 1985).

Referente a lo anterior, Housley *et al.* (1982) señalan que cuando las semillas de trigo tenían entre 39 y 44 por ciento de humedad, se observó la máxima acumulación de materia seca y que después de este momento ocurrió una rápida pérdida de agua en la simiente, lo cual fue

ocasionado también por las altas temperaturas que se presentaron al final del período de maduración. Similares resultados fueron reportados por Scott *et al.* (1957). Por otro lado, Frey *et al.* (1958) indican que después de la disminución del contenido de humedad de la semilla de avena hasta 45 por ciento, hay poca translocación de sustancias alimenticias hacia el interior de la simiente.

Harrington (1972) señala que la determinación de materia seca no es fácil, ya que es necesario realizar muestreos continuos de la semilla en desarrollo en el campo, hasta que se alcance un peso seco relativamente constante, asimismo, recomienda fijar mayor atención en los cambios morfológicos que ocurren en frutos o en la cubierta de la simiente, los cuales pueden ser usados como signos visuales para determinar madurez fisiológica. Referente a lo anterior, Miranda (1984b) menciona que es importante definir índices visuales que sean altamente relacionados con los cambios ocurridos durante la etapa de maduración de semilla.

Respecto a lo anterior, en maíz, se observó que la formación de una capa negra en la región placentar de la semilla coincide con la madurez fisiológica (López, 1973), lo anterior también fue reportado en sorgo (Eastin *et al.*, 1973).

Por otro lado, en soya, la presencia en el tallo principal de una vaina con su color normalmente maduro, representa un útil y aceptable indicador de madurez fisiológica (Tekrony et al., 1979). Asimismo, el cultivo de frijol inicia la etapa de maduración cuando la primera vaina inicia su decoloración y secado en el 50 por ciento de las plantas (Fernández et al., 1985).

Copeland y Crookston (1985) señalan que en el cultivo de cebada, la pérdida del color verde de las glumas y del pedúnculo de la espiga coinciden con madurez fisiológica de la semilla, sin embargo, indican que la pérdida del color verde del pedúnculo de la espiga es una característica que se determina más fácilmente en el campo; asimismo, mencionan que la aparición de un pigmento en forma de hilo en el pliegue de la simiente, puede ser semejante al desarrollo de la capa negra en maíz y ocurre entre uno y cinco días antes de madurez fisiológica.

Del mismo modo, en avena, la pérdida del 75 por ciento del color verde de las glumas, es un útil estimador de la madurez fisiológica de las semillas (Lee et al., 1979). Por otro lado, Andersen y Andersen (1980) indican que en cereales como el trigo, el estado de "madurez amarilla" es importante y se puede caracterizar en términos generales como la etapa en que el 50 por ciento de las inflorescencias están completamente amarillas y el contenido de humedad de

la simiente es cercano al 35 por ciento; asimismo, señalan que en esta fase finaliza el aumento de materia seca en la semilla.

En este aspecto, Hanft y Wych (1982) reportan que en trigo, la aparición de un pigmento café oscuro o negro en forma de línea en el pliegue de la semilla, y la pérdida total del color verde de las glumas coinciden ambas características con la etapa de madurez fisiológica, e indican que la pérdida completa del color verde de la hoja bandera se observa en el momento en que se obtuvo el 95 por ciento de máximo peso seco de la simiente. En este mismo cultivo, Singh *et al.* (1984) mencionan que en la etapa de madurez fisiológica ocurre la pérdida completa del color verde de las glumas, en tanto en el momento en que se alcanzó el 95 por ciento del máximo peso seco de la semilla, se observó la pérdida total del color verde de la hoja bandera y del pedúnculo de la espiga.

Deterioro de la Calidad de Semilla

El deterioro de la semilla es un proceso que incluye cualquier cambio degenerativo irreversible después de que la semilla ha alcanzado su máxima calidad (Abdul-Baki y Anderson, 1972).

El proceso de deterioro es inexorable, irreversible, mínimo en madurez fisiológica y el nivel de deterioro es variable entre especies, variedades, híbridos, lotes de semilla de una misma especie e inclusive, varía dentro de semillas individuales de un mismo lote (Delouche y Baskin, 1973 y Mendoza, 1985).

El deterioro de semilla es caracterizado como un proceso natural que envuelve cambios fisiológicos, bioquímicos y físicos en la semilla a medida que ella muere (Miranda, 1984a).

Algunas de las manifestaciones del deterioro de semillas son: cambios en el color, disminución de la tolerancia a condiciones desfavorables de almacenamiento, ✓
reducido crecimiento de plántulas, disminución de la capacidad germinativa e incremento de plántulas anormales (Duffus y Slaughter, 1985).

Otras consecuencias del deterioro de semillas pueden ser: disminución de la tolerancia a factores ambientales adversos durante la germinación, pérdida de la organización de organelos y membranas, disminución de la actividad ✓
enzimática, cambios de la actividad respiratoria y alteraciones cromosómicas (Abdul-Baki y Anderson, 1972).

La magnitud del deterioro está fuertemente influenciada por los factores genéticos de la semilla, su historia previa de manejo en el campo y las condiciones ambientales después de madurez fisiológica (Delouche, 1980).

Los principales factores que influyen en el nivel de deterioro en el campo son: alta temperatura, humedad ambiental elevada, lluvias frecuentes y prolongadas, daño por plagas y enfermedades, y tiempo de exposición en que la semilla permanece en el campo después de madurez fisiológica, este último factor es particularmente importante en el proceso del deterioro (Mendoza, 1985).

Deterioro de la Semilla en Precosecha

El deterioro precosecha llamado también deterioro de campo, es una fase del proceso general del deterioro, y se refiere a la pérdida de calidad que sufre la semilla desde madurez fisiológica hasta la cosecha (Miranda, 1984a y Popinigis, 1985).

En la mayoría de las especies cultivadas de valor económico el contenido de humedad de la semilla en madurez fisiológica, oscila entre 40 a 60 por ciento, lo cual es un obstáculo para la cosecha mecánica, esto ocasiona que la semilla permanezca en la planta madre en el campo, expuesta a las variaciones ambientales, hasta que el contenido de

humedad disminuya a niveles apropiados para la cosecha (Soplin, 1981). Al respecto, Delouche (1980) señala que el intervalo de tiempo de madurez fisiológica a cosecha, representa el primer segmento del período total del almacenamiento de semillas.

La presencia de períodos con lluvias frecuentes o prolongadas con humedad relativa alta y temperatura elevada durante la etapa de madurez fisiológica a cosecha, es un problema serio en el proceso de producción de semillas y es el motivo principal de un rápido y severo deterioro de calidad de la simiente (Helmer, 1980). Además, cualquier factor ambiental en precosecha que influya en dicha calidad, afecta la capacidad del almacenamiento de un lote de semillas (Justice y Bass, 1978).

La determinación del momento óptimo de cosecha, teniendo en cuenta las condiciones climáticas imperantes y el grado de madurez del cultivo puede ser una herramienta útil para producir semilla de alta calidad (Andersen y Andersen, 1980).

En Canadá el cultivo de trigo puede ser cortado cuando el contenido de humedad de la semilla sea de 30 a 35 por ciento, lo cual no afecta significativamente el rendimiento, peso de 1000 semillas, peso volumétrico o el contenido de proteína (Dodds *et al.*, 1979; Clarke, 1981 y Christensen y Legge, 1984).

Por otro lado, Scott *et al.* (1957) señalan que en trigo, en Estados Unidos, los valores más altos en rendimiento, peso volumétrico, peso de 1000 semillas y calidad de proteína se obtuvieron cuando el contenido de humedad de la simiente era cercano a 40 por ciento.

Asimismo, Odiemah y Atta (1985) señalan que en Hungría el trigo puede ser cosechado cuando la semilla presente un 40 por ciento de humedad, lo cual no afecta la germinación o el vigor; sin embargo, recomiendan que la simiente deberá secarse adecuadamente hasta un contenido de agua del 8 por ciento, antes de ser almacenada para su siembra en la próxima temporada.

Johnson *et al.* (1980) estudiaron el efecto de retrasar la cosecha de trigo, para lo cual realizaron el corte en madurez (15 por ciento de humedad en la semilla) y subsecuentemente a intervalos de siete días, indican que no se observaron pérdidas significativas en rendimiento en los primeros cortes, pero que al demorar la cosecha en 21 días se ocasionó una disminución de hasta un 10 por ciento en la producción de semilla. Por otro lado, Pool *et al.* (1958) señalan que al retardar la cosecha en trigo hubo una disminución del peso volumétrico.

Czarnecki y Evans (1986) estudiaron el efecto del deterioro de campo sobre la calidad de la semilla de trigo

en Canadá, para lo cual realizaron diferentes cosechas a partir de madurez fisiológica; señalan que la media del peso volumétrico disminuyó significativamente al retrasar la cosecha; asimismo, mencionan que en los dos años de estudio, entre el primero y segundo corte, se presentó la mayor reducción del peso volumétrico de hasta 2.7 kg/hl y coincidió con el período de mayor precipitación; por último, indican que el peso de 1000 semillas disminuyó significativamente en 1.4 por ciento solamente en un año. En este aspecto, Ghaderi y Everson (1971) señalan que la presencia de lluvias, durante la etapa final de madurez de trigo, es posible que no afecte significativamente el peso de 1000 semillas, pero se puede presentar una disminución drástica del peso volumétrico.

Al respecto, Lin y Carvalho (1980) cosecharon en Brasil trigo en madurez fisiológica (30 por ciento de humedad de la semilla) y luego a intervalos de siete días; señalan que los más altos valores para peso volumétrico (kg/hl) y de 1000 semillas, se observaron en madurez fisiológica y estas características disminuyeron hasta en un 9 por ciento a los 28 días después; además, indican que lo anterior no sucedió con el porcentaje de germinación, ya que los más altos valores se presentaron cosechando 21 días después de madurez; asimismo, mencionan que el rendimiento de simiente no tuvo un comportamiento similar, ya que en la madurez fue de 800 kg/ha, 14 días más tarde se incrementó a

873 kg/ha y después decreció a 807 kg/ha a los 28 días después de madurez fisiológica.

Al retrasar la cosecha de trigo se pueden presentar etapas con lluvia o alta humedad relativa seguidas de condiciones atmosféricas secas que ocasionan períodos alternos de absorción y pérdida de agua, lo cual origina el deterioro precosecha y se manifiestan algunas modificaciones en la semilla, tales como: emblanquecimiento o pérdida del color original de la variedad, aparición de fisuras internas detectadas sólo por técnicas radiográficas y disminución del peso volumétrico provocado, esto último, por la formación interior de espacios de aire, así como por el arrugamiento y separación de la cubierta de la simiente (Milner y Shellenberger, 1953). En este aspecto, Pool y Paterson (1958) reportan que el proceso alternativo de humedecimiento está influenciado también por los siguientes factores: tipo de variedad, textura del grano, cantidad y calidad de proteína y características morfológicas.

Durante la fase de postmaduración del cultivo de trigo, puede presentarse germinación prematura de la semilla en la espiga, este fenómeno está influenciado por los factores climáticos imperantes y por las características del genotipo (Mitchell et al., 1980). Además, el proceso de brotación temprana es acompañado por un aumento en la actividad de α -amilasa, la cual desdobla parte del almidón

del endospermo del grano y se origina un deterioro importante en la calidad de la simiente (Moss et al., 1972).

El deterioro precosecha ha sido estudiado también en otros cultivos; en soya, Tekrony et al. (1980) señalan que en la zona oriental de Estados Unidos, al retrasar la cosecha después de madurez fisiológica, se observó una pérdida más rápida del vigor de semilla, estimado por germinación después de envejecimiento acelerado, en comparación con la viabilidad que se mantuvo en un nivel aceptable por más tiempo. Por último, mencionan que la disminución del vigor fue provocada por condiciones húmedas y de alta temperatura. En este mismo cultivo, Mohd-Lassim (1975) evaluó el deterioro de campo de tres genotipos, los cuales alcanzaron madurez fisiológica y de cosecha casi en la misma época, sin embargo, señalan que semilla de la variedad "Mack" disminuyó mucho más rápido en germinación que aquellas de "Dare" o "Forrest".

Contrario a lo anterior, Aguilar (1989) señala que en los valles altos del centro de México, no se afectó la calidad fisiológica de la semilla de maíz por cosechar después de madurez, además, indica que estos resultados posiblemente fueron provocados por las condiciones ambientales que se presentaron, es decir, humedad relativa moderada y temperaturas frescas; no obstante, en este mismo cultivo, Cloninger et al. (1975) señalan que al retrasar la

cosecha hubo disminución del peso volumétrico.

Brooks (1950) propuso los índices de deterioro y los agrupó en tres categorías: bajos cuando su valor es de cero a dos, medio cuando su valor es de dos a cinco y altos cuando dicho valor supera el cinco. Si bien la estimación de la pérdida de calidad, recomendada por este autor fue sugerida para condiciones de almacenamiento, la determinación del índice de deterioro efectuada en esta investigación puede manejarse y ser de utilidad para cuantificar el deterioro de la semilla, provocado por las condiciones ambientales durante la etapa de postmaduración y que dicha etapa representa el primer segmento del período total de almacenamiento (Delouche, 1980) y también están presentes dos factores climáticos de importancia que influyen en el proceso de deterioro de la semilla.

Flores (1989) evaluó el deterioro precosecha en semilla de sorgo en tres ambientes del norte de México, para lo cual realizó diferentes cosechas a partir de madurez fisiológica y luego a intervalos de siete días; señala que en Río Bravo, Tamps., los factores ambientales tales como: elevada temperatura y alta humedad relativa, tuvieron un efecto significativo en el deterioro de la calidad de la simiente, reflejándose esto en una disminución del peso de 1000 semillas, peso volumétrico, germinación y vigor de la primera a la cuarta cosecha en 0.1, 1.9, 5.8 y 5.3 por

ciento, respectivamente. Por otro lado, indica que las condiciones climáticas de Ceballos, Dgo., fueron más favorables para la producción de semilla, lo cual resultó en el mantenimiento de la calidad de la simiente a través de las diversas cosechas efectuadas. Asimismo, menciona que en Río Bravo el índice de deterioro diario acumulado se correlacionó negativa y significativamente con las características de calidad evaluadas, mientras que en Ceballos las correlaciones fueron muy bajas; debido a lo anterior, concluyó que los índices de deterioro están más estrechamente asociados con la disminución de la calidad de la semilla en ambientes desfavorables.

En este aspecto, Salgado (1989) estudió en dos localidades del norte de México, el efecto de los factores climáticos sobre la calidad de la semilla de trigo durante el período de postmaduración, para lo cual realizó diferentes cosechas a partir de madurez fisiológica y 7, 14 y 21 días después. Indica que el momento de cosecha fue determinante en la calidad física y fisiológica de la simiente debido a que afectó significativamente el peso volumétrico y el de 1000 semillas, así como la germinación estándar en uno de los ambientes. Además, señala que la calidad física fue afectada por las condiciones de alta humedad relativa y temperatura, así como por la presencia de lluvias durante la postmaduración de la semilla en el campo y menciona que las variedades debido a que mostraron

menor disminución en peso volumétrico y de 1000 semillas, respectivamente. Asimismo, menciona que los índices de deterioro diarios acumulados se correlacionaron negativa y significativamente con la germinación después de envejecimiento acelerado, en la localidad de Navidad, N.L., así como también con el peso volumétrico y germinación estándar en la localidad de Buenavista, Coah., por lo cual concluye que a mayor índice de deterioro, menor será la calidad física y fisiológica de la semilla de trigo.

Del mismo modo Vidales (1991) reporta que en la Huasteca Potosina la fecha de cosecha, más que la fecha de siembra, afectó la calidad de la semilla de soya, siendo las cosechas a madurez fisiológica y siete días después donde se obtuvo mayor calidad en peso volumétrico, peso de 1000 semillas, germinación estándar, germinación después de envejecimiento acelerado y emergencia. Además, encontró una correlación negativa y significativa entre los índices de deterioro acumulado con todas las variables de calidad evaluadas.

Evaluación de la Calidad Física y Fisiológica de la Semilla

Peso de Semilla

El peso de la semilla es uno de los principales factores que pueden causar variaciones en el vigor, lo cual pudiera ser consecuencia de una mayor cantidad de materiales almacenados, por lo tanto, es evidente la utilidad de la

identificación y cuantificación de sus efectos (Chan *et al.*, 1985). El peso de 1000 semillas y el peso volumétrico son utilizados para estimar la cantidad de reservas alimenticias en la simiente y además, son indicadores útiles de la calidad de la semilla de trigo (Dasgupta y Austenson, 1973).

En trigo para mejorar el vigor de plántula se deberán seleccionar semillas de mayor peso (Lafond y Baker, 1986). En este mismo cultivo, semillas de mayor peso presentaron un contenido de proteína más alto y produjeron plántulas con un peso seco más elevado (Ries y Everson, 1973 y Ries *et al.*, 1976). En cebada el incremento de la cantidad de proteína mitocondrial de plántulas producidas de semillas más pesadas, es indicativo de un nivel respiratorio más elevado y una producción mayor de energía en forma de ATP (McDaniel, 1969).

En trigo, Austenson y Walton (1970) reportan correlaciones positivas entre el peso de semilla inicial y algunas características resultantes tales como: rendimiento de grano y paja, número de simientes y espigas por planta; señalan, además, que esta última característica es el componente de rendimiento más importante.

Por otro lado, el peso volumétrico se asoció positivamente con el peso seco de plántula en trigo (Nayeem y Deshpande, 1987) y en avena (Frey y Wiggans, 1956).

Germinación Estándar

La germinación evalúa el porcentaje de semilla viable en términos de habilidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables (Perry, 1981). La capacidad de germinación es el índice de calidad más utilizado (Bustamante, 1982). La prueba de germinación estándar es un indicador útil de la calidad de la semilla de trigo (Dasgupta y Austenson, 1973).

Sin embargo, la capacidad germinativa raramente será útil para pronosticar el comportamiento de la semilla en el campo, donde es posible que las condiciones varíen de óptimas a excesivamente desfavorables (Popinigis, 1985).

Peso Seco de Plántula

Esta prueba se basa en el concepto de que las semillas vigorosas son capaces de sintetizar eficientemente nuevos materiales nutritivos, y transferir rápidamente estos nuevos productos al eje embrionario que está emergiendo, resultando en acumulaciones de peso seco (Copleand y McDonald, 1985). En este aspecto, Dasgupta y Austenson (1973) examinaron 86 muestras de semilla de trigo y concluyeron que la evaluación del peso seco de plántula crecida en la oscuridad, mostró ser un estimador que puede detectar los diferentes niveles de comportamiento en el campo.

Sin embargo, Rincón (1989) reporta que el peso seco de plántula utilizado como prueba de vigor, es poco confiable debido a que no permitió diferenciar los niveles de calidad de semilla de maíz a lo largo de un período de almacenamiento.

Envejecimiento Acelerado

Esta prueba de calidad fue propuesta para predecir el potencial de almacenamiento y el comportamiento en el campo de algunas semillas (Delouche y Baskin, 1973).

Al respecto, Ram y Wiesner (1988) evaluaron la prueba de envejecimiento acelerado en semilla de dos variedades de trigo, a una temperatura de 50°C y humedad relativa cercana al 100 por ciento; observaron que después de 36 horas bajo dichas condiciones, hubo una reducción significativa de hasta un 35 por ciento en germinación con relación a la calidad inicial; además, indican que disminuyó la actividad enzimática, se presentó un incremento de la conductividad eléctrica de los lixiviados de la simiente y aumentó la susceptibilidad a condiciones desfavorables.

Por otro lado, Caro (1987) evaluó diferentes pruebas de calidad en semillas de diversos genotipos de maíz; señala que el componente genético es de gran importancia en la respuesta de la simiente de los materiales a pruebas de

deterioro como el envejecimiento acelerado.

Longitud de Plúmula

La medición del crecimiento de la plántula es un ensayo de vigor propuesto por Perry (1981). En triticale, Nebreda y Parodi (1977) reportan que plúmulas producidas de semillas de mayor peso, fueron significativamente más largas que aquellas derivadas de simientes menos pesadas. Lo anterior también ha sido reportado en cebada (McDaniel, 1969) y sorgo (Chan *et al.*, 1985).

Del mismo modo en cebada Perry (1977) señala que la longitud de plúmula inicial se asoció positivamente con la emergencia en campo y con el rendimiento de semilla resultante. Sin embargo, Rincón (1989) indica que la evaluación de la longitud de plúmula es poco confiable para estimar el vigor de las semillas de maíz, ya que no permitió una diferenciación de los niveles de calidad a lo largo de un período de almacenamiento.

Emergencia

En soya Kulik y Yaklich (1982) señalaron que la prueba de emergencia en invernadero podría ser un buen procedimiento para inferir acerca del comportamiento de las plántulas en el campo; además, indican que esta metodología

proporciona un mejor ambiente natural para la germinación de la semilla que aquella realizada en toallas de papel; asimismo, mencionan que la emergencia en invernadero se asoció positivamente con la emergencia en campo. Esto último ha sido reportado también en sorgo (Chan et al., 1985).

Del mismo modo la velocidad de emergencia se puede usar como una herramienta para evaluar el vigor de la plántula (Maguire, 1962). En soya Pinthus y Kimel (1979) señalan que el rendimiento por planta, el peso de la semilla y el número de vainas por planta, se correlacionan con la velocidad de emergencia.

Por otro lado, Rincón (1989) indica que en maíz la velocidad de emergencia es un procedimiento que pudiera ayudar con cierta precisión a predecir el deterioro de semillas. Asimismo, en trigo, Lafond y Baker (1986) señalan que no obstante que las semillas pequeñas y de menor peso emergen más rápido, las variaciones naturales en la profundidad de siembra pudieran alterar las ventajas de las semillas pequeñas, además, mencionan que la velocidad de emergencia puede ser un buen criterio para seleccionar materiales con diferente vigor. Sin embargo, Johnson y Luedders (1974) reportan que el peso de la semilla de soya no tuvo efecto en el porcentaje de emergencia.

MATERIALES Y METODOS

Descripción del Area de Estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila, que se ubica en las coordenadas geográficas 25°23' latitud norte y 101°01' longitud oeste, con una altitud de 1743 msnm, temperatura media anual de 19.8°C y precipitación media anual de 298.5 mm (UAAAN, 1990). En el Cuadro 3.1 se presentan las condiciones climáticas que prevalecieron durante el desarrollo del experimento.

Cuadro 3.1. Condiciones climáticas imperantes durante el desarrollo del cultivo de trigo. 1990.

Mes	Temperatura			Prec. total (mm)	Humedad relativa (%)
	Máx. °C	Mín. °C	Media °C		
Enero	19.5	5.7	12.6	6.9	67.0
Febrero	19.5	7.0	13.2	32.7	68.1
Marzo	22.6	8.6	15.6	9.8	72.0
Abril	25.5	11.7	18.6	4.8	70.7
Mayo	28.1	14.7	21.4	68.3	84.0
Junio	28.9	16.8	22.8	25.8	85.0
Julio	25.3	15.2	20.2	132.5	87.5

Fuente: Departamento de Agrometeorología de la UAAAN. 1990.

La textura del suelo donde se realizó el experimento es de tipo migajón arcilloso, medianamente aprovechable; el pH es ligeramente alcalino (7.5-7.8), con altos contenidos de carbonatos.

Material Genético Utilizado

En esta investigación fueron utilizados los siguientes genotipos de trigo: Pavón F-76, Ciano T-79 y Aricosta S-83; la semilla de las dos primeras variedades fue proporcionada por la Productora Nacional de Semillas (PRONASE), en tanto que el tercer material fue facilitado por el Programa de Cereales de la UAAAN. A continuación se describen algunas características de los cultivares estudiados.

Pavón F-76

La planta es de hábito de primavera, de ciclo intermedio a tardío, con un periodo de 84 a 93 días a la floración, y de 130 a 140 días a la madurez fisiológica, lo anterior dependiendo de la fecha de siembra; la altura media de la planta es aproximadamente de 100 a 115 cm, considerada como semienana, de tallo fuerte y color crema. La espiga es oblonga, medianamente densa, semi-inclinada a la madurez, resistente al desgrane, sus glumas son grandes, de color crema, al igual que las barbas. El grano es de color blanco,

de consistencia dura, de un tamaño intermedio, de forma ovada, borde redondo, germen mediano y epidermis lisa. Esta variedad es resistente a la roya de la hoja (*Puccinia recondita tritici*) y a la roya del tallo (*Puccinia graminis tritici*) (PRONASE, 1982).

Ciano T-79

La planta es de hábito de primavera, de ciclo intermedio a tardío, de 83 a 90 días a la floración y de 125 a 130 días a la madurez fisiológica, la altura media de la planta es de 85 a 90 cm aproximadamente, considerada como semienana. La espiga es de color crema, barbona, oblonga y resistente al desgrane. El grano es de color rojo, semiduro, ovoide, tamaño medio y con gluten débil tensa (PRONASE, 1982).

Aricosta S-83

La planta es de hábito de primavera, de ciclo intermedio a tardío, con un período de 85 a 90 días a la floración y de 130 a 140 días a la madurez fisiológica; la altura media de la planta es aproximadamente de 90 a 95 cm. El grano es de color crema, de consistencia suave y tamaño grande. Esta variedad es susceptible a la roya de la hoja (*Puccinia recondita tritici*).

Tratamientos en Estudio y Diseño Experimental

Los factores en estudio con sus respectivos niveles se presentan en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Descripción de los factores en estudio con sus respectivos niveles.

Factores	Niveles
A = Ambientes de producción	a ₁ = 8 de enero a ₂ = 1° de febrero
B = Variedades	b ₁ = Aricosta S-83 b ₂ = Ciano T-79 b ₃ = Pavón F-76
C = Fechas de cosecha	c ₁ = al punto de M.F.* c ₂ = 7 días después de M.F. c ₃ = 14 días después de M.F. c ₄ = 21 días después de M.F. c ₅ = 28 días después de M.F. c ₆ = 35 días después de M.F. c ₇ = deterioro precosecha severo

M. F. = Madurez Fisiológica

Como se puede observar (Cuadro 3.2) las cosechas se efectuaron a partir de madurez fisiológica y subsecuentemente a los 7, 14, 21, 28 y 35 días después, sin embargo, para la cosecha siete no se siguió ese intervalo, sino que el cultivo permaneció en el campo por un periodo de tiempo más largo. lo anterior con el objetivo de estudiar el comportamiento de la calidad de la semilla cuando presenta

un deterioro precosecha severo.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques completamente al azar con arreglo en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones, se establecieron en la parcela mayor los ambientes de producción definidos por las dos fechas de siembra, en la parcela mediana las variedades y en la parcela chica las fechas de cosecha. La unidad experimental consistió de cuatro surcos a doble hilera a 0.80 m de separación y 3 m de largo. Para la estimación de los datos se cosecharon los dos surcos centrales, por lo tanto, la parcela útil fue de 4.8 m².

Conducción del Experimento

El experimento fue establecido bajo condiciones de riego durante el ciclo agrícola otoño-invierno 89-90. La preparación del terreno consistió en barbecho y rastreo; la siembra se realizó en húmedo con una sembradora, en surcos a doble hilera, separados éstos a 20 cm, se utilizó una densidad de siembra de 60 kg de semilla por hectárea. Para la fertilización se empleó la fórmula 120-100-50, al momento de la siembra se aplicó todo el fósforo y el potasio, y 70 unidades de nitrógeno; en tanto que el resto del nitrógeno se incorporó en la época de amacollamiento; los fertilizantes usados fueron urea, superfosfato de calcio triple y sulfato de potasio. El riego fue por gravedad, el

primero se aplicó antes de la siembra y los subsecuentes riegos se efectuaron de acuerdo a las necesidades del cultivo. Las escardas, el control de malezas y plagas, así como los desmezcles, se realizaron conforme a los requerimientos del cultivo.

Las cosechas se iniciaron cuando la semilla alcanzó su madurez fisiológica. Los cortes empezaron el 23 de mayo de 1990 y se prolongaron hasta el 19 de julio del mismo año (Cuadro 3.3). Las cosechas se realizaron en forma manual cortando las espigas con parte del pedúnculo, colocándose en sacos de polipropileno previamente identificados. Las espigas fueron secadas en forma natural hasta que la semilla presentó un contenido de humedad del 12 por ciento aproximadamente. Las espigas se desgranaron con una máquina trilladora experimental, posteriormente, con un ventilador, se le eliminó la semilla vana y basura. En seguida se realizaron pruebas de calidad física y fisiológica de la simiente, en los laboratorios de producción y análisis del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas (CCDTS) de la UAAAN.

Variables Evaluadas

El procedimiento utilizado para evaluar las características estudiadas, se describe a continuación.

Cuadro 3.3. Fecha de realización de las diferentes cosechas efectuadas en el estudio.

Variedad	Fechas de Siembra	
	8 de enero	1° de febrero
Aricosta	c1: 25 mayo	c1: 2 junio
	c2: 2 junio	c2: 9 junio
	c3: 9 junio	c3: 16 junio
	c4: 16 junio	c4: 23 junio
	c5: 2 junio	c5: 30 junio
	c6: 30 junio	c6: 7 julio
	c7: 19 julio	c7: 19 julio
Ciano	c1: 28 mayo	c1: 2 junio
	c2: 4 junio	c2: 9 junio
	c3: 11 junio	c3: 16 junio
	c4: 18 junio	c4: 23 junio
	c5: 25 junio	c5: 30 junio
	c6: 2 julio	c6: 7 julio
	c7: 19 julio	c7: 19 julio
Pavón	c1: 23 mayo	c1: 30 mayo
	c2: 30 mayo	c2: 6 junio
	c3: 6 junio	c3: 13 junio
	c4: 13 junio	c4: 20 junio
	c5: 20 junio	c5: 27 junio
	c6: 27 junio	c6: 4 julio
	c7: 19 julio	c7: 19 julio

Contenido de Humedad y Peso Seco de Semilla

Próximo a la iniciación de las cosechas, se realizaron muestreos de semilla cada 72 horas, para lo cual se tomaron por cada variedad cuatro repeticiones de 50 simientes cada una, se pesaron y se conservaron en condiciones naturales durante 24 horas, después se secaron en un horno eléctrico a 80°C por 24 horas, luego se pesaban nuevamente; posteriormente se calculó el porcentaje de humedad y el peso seco de la semilla. El momento de madurez

fisiológica se definió como el punto donde la semilla alcanzó su máximo peso seco y se observó una pérdida drástica de la humedad (Hanft y Wych, 1982; Housley et al., 1982); asimismo se realizaron algunas observaciones visuales y el punto de madurez fisiológica se reconoció cuando aproximadamente el 50 por ciento de las espigas perdieron el color verde del pedúnculo (Singh et al., 1984, Copeland y Crookston, 1985). Asimismo en cada una de las cosechas efectuadas se determinó el porcentaje de humedad y el peso seco de la semilla mediante el procedimiento descrito anteriormente.

Rendimiento de Semilla

Esta característica se determinó solamente en las seis primeras cosechas efectuadas, para lo cual, la semilla producida por parcela útil se pesó en una balanza y posteriormente se transformó a kilogramos por hectárea.

Peso Volumétrico

Este parámetro fue definido en la semilla de cada una de las parcelas experimentales, usando una balanza específica para determinar peso volumétrico, registrándose dicho peso en kilogramos por hectolitro.

Peso de 1000 Semillas

Para determinar este componente físico en cada unidad experimental se seleccionaron al azar cuatro muestras de 100 semillas cada una, se pesaron en una balanza analítica y se calculó una media, luego dicho promedio se multiplicó por 10 para obtener el peso de 1000 semillas, dicho peso se registró en gramos.

Germinación Estándar

Para determinar la capacidad germinativa se utilizó la metodología descrita por ISTA (1985), a excepción de la cantidad de semillas, ya que por unidad experimental se usaron dos repeticiones de 50 semillas cada una, que fueron sembradas entre toallas de papel humedecidas, luego se enrollaron en forma de taco y fueron cubiertas con polietileno en posición vertical dentro de una cámara germinadora a $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura, en condiciones de oscuridad y durante siete días. El porcentaje de germinación se definió en base al promedio de plántulas normales de las dos repeticiones.

Peso Seco de Plántulas de Germinación Estándar

El procedimiento utilizado para determinar esta característica se basó en la metodología propuesta por AOSA

(1983) para lo cual, después de la evaluación de germinación estándar, las plántulas normales se separaron del resto de la semilla y se sometieron a secado en estufa a 80°C por 24 horas, luego se pesaron en una balanza analítica de precisión (0.0001 g). El peso seco total de las plántulas normales se dividió entre 50, que fue el número de semillas colocadas por muestra, registrándose el peso seco en miligramos.

Germinación Después de Envejecimiento Acelerado

Para realizar esta prueba de vigor se utilizó la metodología propuesta por AOSA (1983) para lo cual se usaron por unidad experimental, 100 semillas que fueron sometidas en una cámara de envejecimiento acelerado no patentada, a una temperatura de $45 \pm 3^\circ\text{C}$ y 100 por ciento de humedad relativa durante 48 horas. Al término de este período las semillas fueron colocadas entre toallas de papel humedecidas, usando dos repeticiones de 50 semillas y se procedió a realizar la evaluación de germinación siguiendo la metodología de ISTA (1985) descrita anteriormente.

Peso Seco de Plántulas de Germinación Después de Envejecimiento Acelerado

Para definir esta característica se utilizó la metodología propuesta por AOSA (1983) que se describió

anteriormente; para lo cual, luego de evaluar la germinación después de envejecimiento acelerado, se llevaron las plántulas normales hasta peso seco, expresado en miligramos.

Longitud de Plúmula

Para determinar esta característica se utilizó la metodología descrita por Perry (1981), para lo cual se usaron, por unidad experimental, 25 semillas que fueron sembradas entre toallas de papel humedecidas; las simientes se colocaron sobre una línea trazada en el centro de la toalla. Posteriormente fueron enrolladas y cubiertas con polietileno; luego se colocaron en posición vertical en una cámara germinadora a $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ de temperatura, en condiciones de oscuridad, durante siete días. Al término de este período a cada plántula se le midió la longitud de plúmula y después se calculó la media en centímetros.

Emergencia Final

Esta prueba se efectuó bajo condiciones de invernadero. Se sembraron dos repeticiones de 50 semillas cada una por unidad experimental, a una distancia entre surcos de 20 cm. Se consideraron como emergidas aquellas plántulas que presentaron un desarrollo normal a los días en que se obtuvo la máxima emergencia, registrándose el resultado en porcentaje.

BANCO DE TESIS

Velocidad de Emergencia

Esta característica se determinó en las pruebas de emergencia, para lo cual, a partir del cuarto día después de la siembra, se efectuaron conteos diarios en el número de plántulas emergidas; el criterio para determinar que éstas ya habían emergido fue cuando se observó que la plúmula había desarrollado al menos un centímetro sobre la superficie del suelo. Los conteos diarios continuaron hasta que se obtuvo la máxima emergencia. La velocidad de emergencia como índice de vigor de plántulas de cada unidad experimental, se definió mediante la fórmula descrita por Maguire (1962).

$$I.V.E. = \sum \frac{\text{No. plántulas normales}}{\text{días 1er. conteo}} + \dots + \frac{\text{No. plántulas normales}}{\text{días último conteo}}$$

donde:

IVE = Índice de velocidad de emergencia

Índice de Deterioro

Con el motivo de obtener información acerca del efecto de las condiciones climáticas sobre el deterioro de la calidad de semilla, se utilizó la fórmula recomendada por Brooks (1950) que se describe a continuación:

$$I.D. = \frac{HR-65}{100} \times E$$

donde:

ID = índice de deterioro diario
HR = humedad relativa diaria
65 = constante
100 = constante
E = presión de vapor a saturación (mb) en
función de la temperatura (°C).

El índice de deterioro diario se calculó a partir del punto de madurez fisiológica hasta la fecha de la última cosecha; de tal manera que para la cosecha uno se consideró el índice de deterioro de ese día y se fue acumulando a los 7, 14, 21, 28 y 35 días después de madurez fisiológica.

En el Cuadro 3.4 se muestran las condiciones climáticas prevalecientes durante el período de postmaduración de la semilla de trigo.

Análisis Estadístico

Antes de iniciar la descripción de este apartado es necesario mencionar que los análisis estadísticos fueron realizados solamente en las primeras seis fechas de cosecha, es decir, en aquellas efectuadas a un mismo intervalo; por lo que el corte número siete, llamado deterioro precosecha severo no se incluyó en dichos análisis y se utilizó únicamente como observación de referencia.

Cuadro 3.4. Condiciones climáticas prevalecientes durante los meses de mayo, junio y julio de 1990 que comprende el período de postmaduración de semilla de trigo en Buenavista, Saltillo, Coah.

Mes	Día	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precip. (mm)
		Máx.	Mín.	Media		
Mayo	23	27.6	12.8	20.2	79	
	24	29.6	15.0	22.3	85	
	25	31.4	13.2	22.3	76	
	26	33.8	15.6	24.7	88	
	27	34.2	19.4	26.8	84	
	28	31.2	16.7	24.0	85	
	29	33.4	20.2	26.8	87	7.0
	30	32.1	17.2	24.3	85	
	31	31.0	17.6	24.3	86	
	Junio	1	32.2	22.4	27.3	88
2		32.0	20.4	26.2	92	
3		30.7	19.0	24.9	91	
4		29.2	16.4	22.8	84	
5		29.1	17.5	23.3	89	
6		29.4	18.4	23.9	87	
7		29.7	19.3	24.5	82	
8		29.0	17.9	23.5	74	
9		27.2	15.2	21.2	88	
10		25.5	13.4	19.5	84	
11		26.8	12.4	19.6	71	1.1
12		28.8	16.8	22.8	71	8.2
13		29.0	17.2	23.1	89	
14	29.2	16.8	23.0	89		
15	29.8	17.6	23.7	74		
16	30.2	17.8	24.0	93		
17	29.5	17.4	23.5	90		
18	27.1	14.1	20.6	91		
19	29.0	14.2	21.6	85		
20	30.8	18.3	24.6	87		
21	30.2	18.7	24.5	90		
22	29.4	19.4	24.4	91		
23	28.8	16.3	22.6	90		

...

Cuadro 3.4.continuación

Mes	Día	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Precip. (mm)
		Máx.	Mín.	Media		
	24	29.2	13.4	21.3	78	
	25	29.7	14.2	22.0	83	
	26	30.0	15.1	22.6	83	
	27	27.6	16.4	22.0	82	1.0
	28	27.4	16.2	21.8	87	4.7
	29	26.0	16.2	21.1	86	1.8
	30	25.0	14.9	20.0	82	
Julio	1	23.1	14.0	18.6	94	
	2	22.7	15.4	19.1	95	11.6
	3	24.2	14.4	19.3	79	
	4	25.8	17.5	21.7	91	
	5	26.8	16.1	21.5	87	
	6	26.2	15.0	20.6	88	11.9
	7	23.6	14.3	19.0	71	
	8	24.6	15.2	19.9	96	
	9	26.5	16.4	21.5	71	2.9
	10	25.8	14.0	19.9	77	3.9
	11	25.0	13.7	19.4	86	
	12	27.4	15.5	21.5	89	
	13	24.4	15.5	20.0	84	
	14	23.7	15.9	19.8	93	
	15	28.3	16.2	22.3	85	11.8
	16	26.5	16.0	21.3	82	13.3
	17	22.1	16.2	19.2	95	7.3
	18	24.6	15.9	20.3	95	6.3
	19	24.5	15.1	19.8	95	14.5

Fuente: Departamento de Agrometeorología (UAAAN, 1990).

Antes de realizar los análisis estadísticos, todas las variables expresadas en por ciento fueron transformadas mediante la siguiente fórmula: $\text{Sen}^{-1} \sqrt{\frac{X}{100}}$ (Steel y Torrie, 1986).

Las características en estudio fueron analizadas bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + \varepsilon_{il} + B_j + (AB)_{ij} + \varepsilon_{ijl} + C_k + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl}$$

donde: Y_{ijkl} = variable de respuesta

μ = media poblacional

A_i = efecto del i -ésimo ambiente

ε_{il} = error experimental parcela mayor

B_j = efecto de la j -ésima variedad

$(AB)_{ij}$ = efecto de la interacción del i -ésimo ambiente y la j -ésima variedad

ε_{ijl} = error experimental de la parcela mediana

C_k = efecto de la k -ésima fecha de cosecha

$(AC)_{ik}$ = efecto de interacción del i -ésimo ambiente y la k -ésima fecha de cosecha

$(BC)_{jk}$ = efecto de interacción de la j -ésima variedad y la k -ésima fecha de cosecha

$(ABC)_{ijk}$ = efecto de la interacción del i -ésimo ambiente, la j -ésima variedad y la k -ésima fecha de cosecha

ε_{ijkl} = error experimental de la parcela chica

$i = 1, 2, \dots$ (fechas de siembra)

$j = 1, 2, 3, \dots$ (variedades)

$k = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots$ (fechas de cosecha)

$l = 1, 2, 3, 4, \dots$ (repeticiones)

Para todos los factores, así como en las interacciones que fueron significativas en los análisis de varianza, se compararon sus medias utilizando la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad

Posteriormente se utilizó la técnica de polinomios ortogonales para estudiar la tendencia del comportamiento de las características evaluadas en respuesta a la fecha de cosecha (0, 7, 14, 21, 28 y 35 días después de madurez fisiológica) y representar estadísticamente el comportamiento mediante un modelo matemático de grado (n).

Mediante la metodología propuesta por Steel y Torrie (1986) se ajustó el comportamiento de las variables a una recta o curva, según el caso, bajo el rango de estudio de las fechas de cosecha, para lo cual se utilizó el siguiente modelo:

$$\hat{Y}_i = \alpha_0 + \alpha_1 M_1 P_1(X_i) + \alpha_2 M_2 P_2(X_i) + \dots + \alpha_n M_n P_n(X_i)$$

Todas las ecuaciones se presentan gráficamente en las variables que se consideraron de mayor importancia.

Además, con los datos de las seis primeras cosechas, se realizó un análisis de correlación con la finalidad de definir la posible asociación entre las variables estudiadas.

RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados más importantes de las variables estudiadas, asimismo, se discutirán sólo aquellas observaciones, factores e interacciones que se asocien con los objetivos del presente trabajo. Por otro lado, se hará mención a otras características cuando éstas se correlacionen entre sí o bien una explique la respuesta de otra.

Es preciso mencionar que si bien los análisis estadísticos se realizaron con los datos de las seis primeras cosechas, en este capítulo también se exponen los resultados obtenidos en el corte siete con la finalidad de discutir el comportamiento de la calidad de semilla de trigo al presentar un deterioro precosecha severo.

Peso Seco y Contenido de Humedad de la Semilla

Antes de iniciar es necesario señalar que los datos de estas dos características no fueron analizados estadísticamente, ya que los muestreos de semilla, realizados durante el período de maduración, no fueron

homogéneos para todas las variedades en estudio; sin embargo se presentan los resultados obtenidos con el fin de discutir el comportamiento de estas dos variables durante la etapa de maduración y postmaduración de la semilla de trigo.

En los Cuadros 4.1 y 4.2 se aprecia que al avanzar el período de maduración de las tres variedades estudiadas en dos fechas de siembra hubo un aumento gradual del peso seco de semilla hasta llegar a un máximo (etapa de madurez fisiológica) en este momento se realizó la primera cosecha; después de este punto se observó un descenso paulatino de esta característica. Sin embargo, en la cosecha siete, esta disminución fue más drástica, ya que en este corte la simiente presentaba un deterioro precosecha severo; la reducción en materia seca después de madurez fisiológica es originada, entre otras causas, por pérdidas provocadas por la respiración de la semilla, esto concuerda con lo reportado por Carvalho y Nakagawa (1983). El comportamiento del peso seco de la simiente se exhibe en las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 para Aricosta, Ciano y Favón respectivamente.

No obstante que los tres cultivares estudiados alcanzaron su madurez casi al mismo tiempo (Cuadro 4.3) en la fecha de siembra establecida el ocho de enero, se apreciaron (Cuadro 4.1) diferencias varietales en el nivel de pérdida de materia seca, ya que al momento de madurez

Cuadro 4.1. Promedios del peso seco y contenido de humedad, durante el periodo de maduración y postmaduración de semilla de tres variedades de trigo sembrada el 8 de enero de 1990.

Factores de estudio	Peso seco de semilla (mg/semilla) ¹	Contenido de Humedad de semilla a la cosecha (%) ¹
<u>Aricosta</u>		
M1*	35.83	49.59
M2	39.26	46.14
M3	42.84	45.63
C1:MF**	46.55	37.35
C2:MF+7 días	46.89	14.72
C3:MF+14 días	45.78	7.14
C4:MF+21 días	43.57	13.92
C5:MF+28 días	41.35	8.42
C6:MF+35 días	37.49	13.52
C7:DPS***	32.68	33.23
<u>Ciano</u>		
M1	32.37	43.34
M2	36.06	41.25
M3	37.30	33.85
C1:MF**	37.50	32.93
C2:MF+7 días	36.23	11.42
C3:MF+14 días	35.47	9.40
C4:MF+21 días	34.47	11.09
C5:MF+28 días	34.72	9.28
C6:MF+35 días	33.39	10.82
C7:DPS***	31.25	28.46
<u>Favón</u>		
M1	18.82	63.51
M2	28.08	52.17
M3	33.49	46.58
M4	35.77	44.14
M5	38.06	41.69
M6	40.57	37.40
C1	40.77	34.22
C2:MF+7 días	37.66	9.51
C3:MF+14 días	36.60	8.97
C4:MF+21 días	36.99	10.80
C5:MF+28 días	35.39	8.43
C6:MF+35 días	33.79	8.80
C7:DPS***	29.54	27.65

*M: Muestreo (realizados cada 72 horas)

**MF: Madurez fisiológica

***: DPS: Deterioro precosecha severo

1: Datos no analizados estadísticamente

Cuadro 4.2. Promedio del peso seco y contenido de humedad durante el período de maduración y post-maduración de semilla de tres variedades de trigo sembradas el 1° de febrero de 1990.

Factores de estudio	Peso seco de semilla (mg/semilla) ¹	Contenido de Humedad de semilla a la cosecha (%)
<u>Aricosta</u>		
M1*	49.08	41.57
C1:MF**	46.47	35.78
C2:MF+7 días	45.09	14.18
C3:MF+14 días	44.83	11.59
C4:MF+21 días	44.38	8.55
C5:MF+28 días	44.11	14.37
C6:MF+35 días	43.84	15.50
C7:DPS***	40.17	28.75
<u>Ciano</u>		
M1	32.87	39.60
C1:MF	34.45	30.81
C2:MF+7 días	32.37	13.85
C3:MF+14 días	32.65	9.83
C4:MF+21 días	32.61	8.03
C5:MF+28 días	32.45	10.97
C6:MF+35 días	32.28	13.30
C7:DPS	28.73	26.67
<u>Favón</u>		
M1	25.57	55.31
M2	32.10	49.07
M3	35.85	46.78
M4	38.66	43.01
C1:MF	38.31	39.36
C2:MF+7 días	39.47	13.67
C3:MF+14 días	38.50	10.96
C4:MF+21 días	37.59	9.25
C5:MF+28 días	37.95	8.37
C6:MF+35 días	36.99	8.98
C7:DPS	32.92	27.14

*M: Muestreo (realizados cada 72 horas)

**MF: Madurez fisiológica

***: DPS: Deterioro precosecha severo

1: Datos no analizados estadísticamente

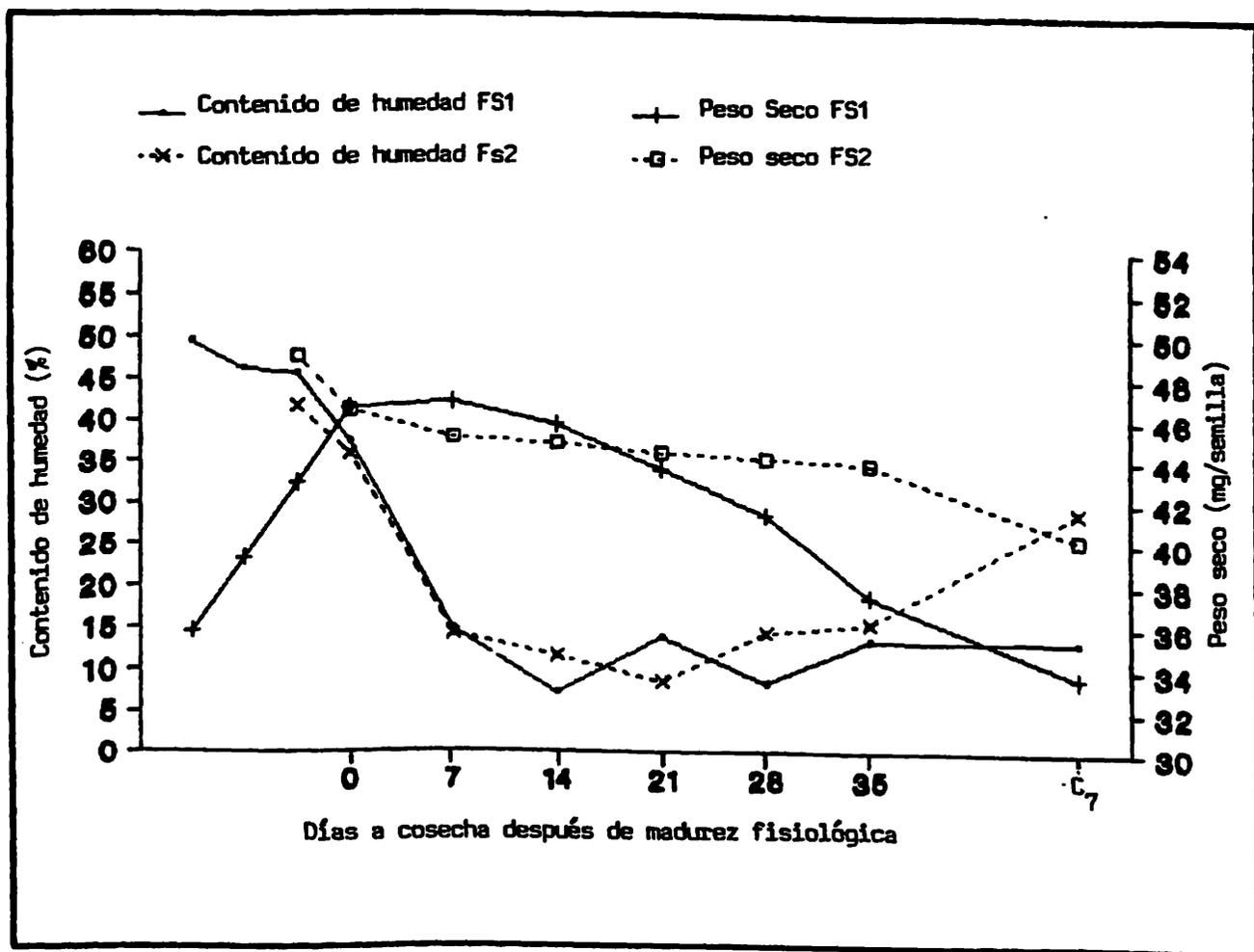


Figura 4.1. Comportamiento del contenido de humedad y el peso seco de semilla de trigo durante la maduración y postmaduración de la variedad Aricosta S-83.

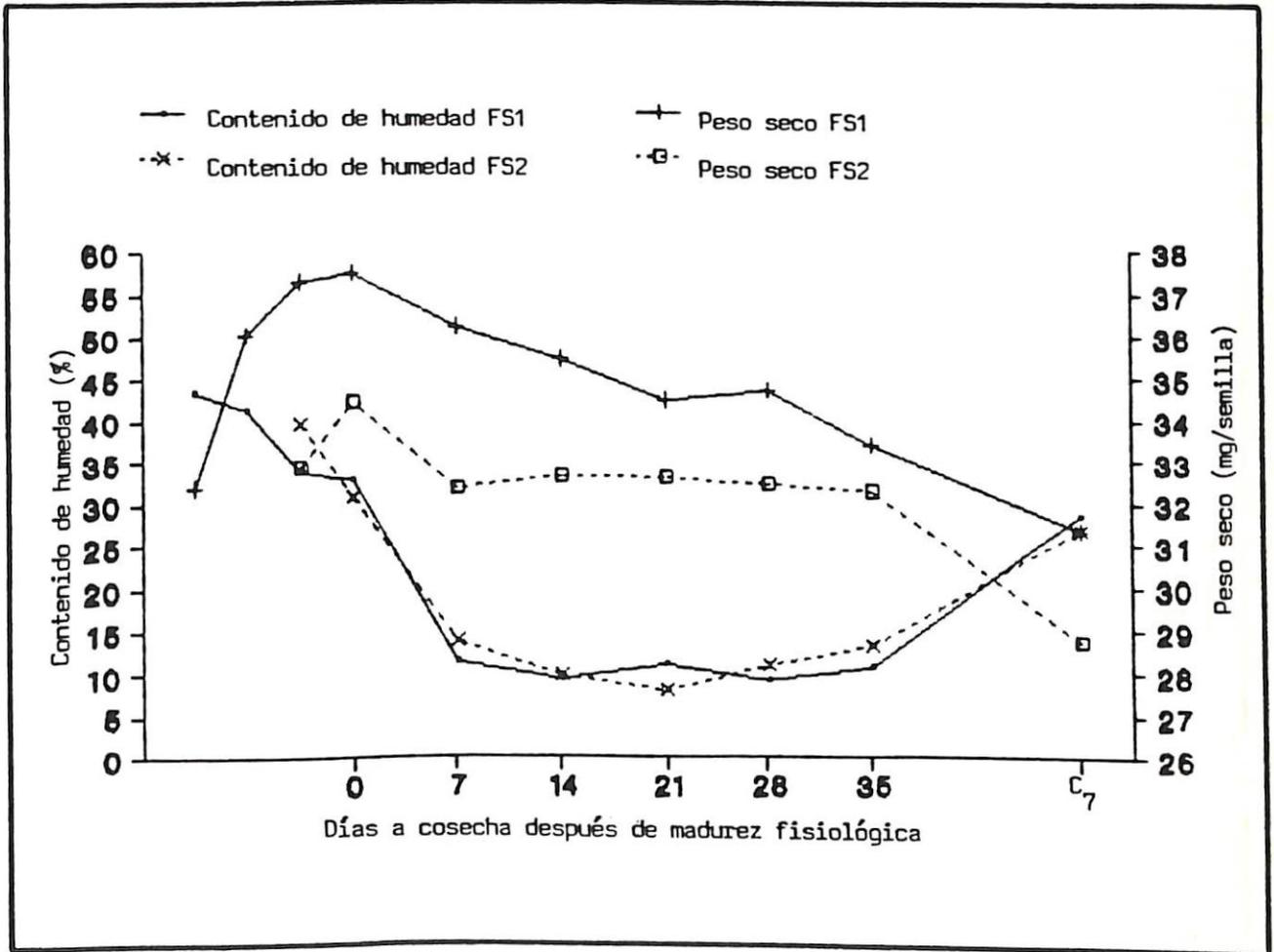


Figura 4.2. Comportamiento del contenido de humedad y el peso seco de semilla de trigo, durante la maduración y postmaduración de la variedad Ciano T-79.

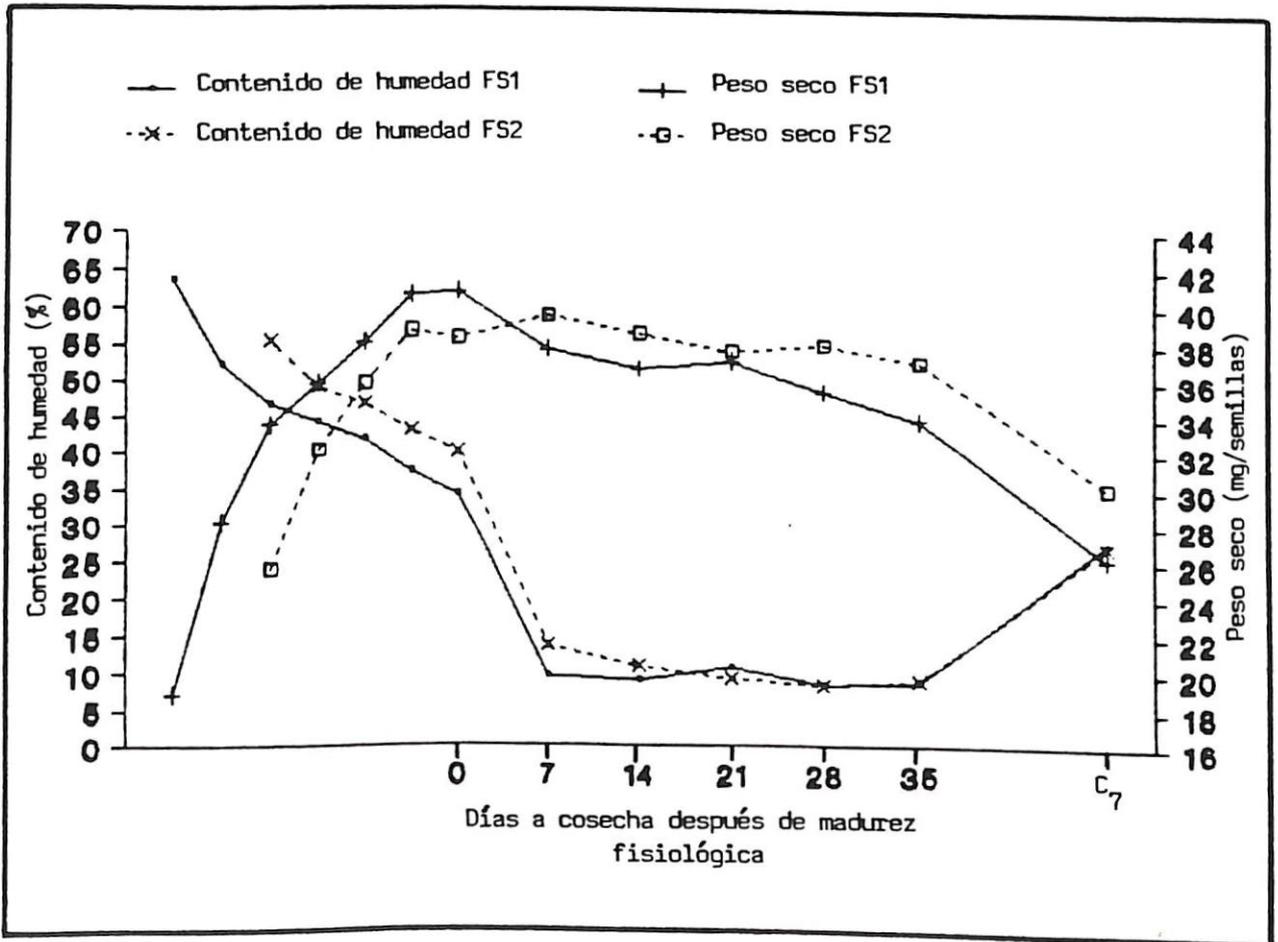


Figura 4.3. Comportamiento del contenido de humedad y el peso seco de semilla de trigo, durante la maduración y postmaduración de la variedad Pavón F-76.

fisiológica el peso seco de la semilla era de 46.55, 37.55 y 40.77 mg, y al realizar la cosecha siete fue de 32.68, 31.23 y 29.54 mg, es decir una reducción de 29.8, 16.7 y 27.5 por ciento para Aricosta, Ciano y Favon, respectivamente. Lo anterior es una respuesta del genotipo para tolerar las condiciones ambientales prevalecientes durante la postmaduración y que ocasionan el deterioro precosecha tal y como lo indican Agrawal y Kaur (1977). En la fecha de siembra del 10. de febrero no se detectaron dichas diferencias de los materiales genéticos, debido probablemente a que la semilla permaneció menos tiempo en el campo después de madurez fisiológica (Cuadro 4.3).

Por otro lado, al transcurrir el período de maduración, se observó (Cuadros 4.1 y 4.2) que el contenido de agua de la semilla descendió al principio lentamente y luego una vez que llegó alrededor de un 30 a 40 por ciento disminuyó en forma súbita (Figura 4.1, 4.2 y 4.3) este punto coincidió también con la máxima acumulación de peso seco (etapa de madurez fisiológica), este comportamiento concuerda con lo reportado por Hanft y Wych (1982).

Es necesario señalar que después de la drástica disminución del contenido de agua de la semilla, esta característica fluctuó (Cuadros 4.1 y 4.2) de acuerdo a la condiciones climáticas prevalecientes durante la

postmaduración (Figura 4.4), lo anterior coincide con lo reportado por Carvalho y Nakagawa (1983) quienes señalan, que después de esta etapa, la planta madre no ejerce control alguno sobre el porcentaje de humedad de la simiente. Asimismo, la oscilación del contenido de agua de la semilla, observada en los diferentes cortes realizados (Figura 4.1) varió de acuerdo al genotipo, así por ejemplo en la cosecha siete, que se efectuó después de un período de cuatro días de lluvia (Cuadro 4.3 y Figura 4.4) se apreció, en promedio de las dos fechas de siembra, un porcentaje de humedad de 30.99, 27.56 y 27.39 para las variedades Aricosta, Ciano y Pavon, respectivamente; lo antes mencionado concuerda con lo indicado por Dodds y Pelton (1967), en el sentido de que la precipitación es el principal factor meteorológico que contribuye a un incremento en el contenido de agua de la simiente, asimismo, coincide con lo señalado por Pool y Paterson (1958) quienes mencionan que el proceso alterno de humedecimiento y secado de semilla de trigo en el campo, está influenciado por algunos factores como son: la variedad, textura del grano y características morfológicas.

Rendimiento de Semilla

No obstante que el rendimiento de semilla no representa el principal objetivo de la presente investigación, desde el punto de vista económico, es

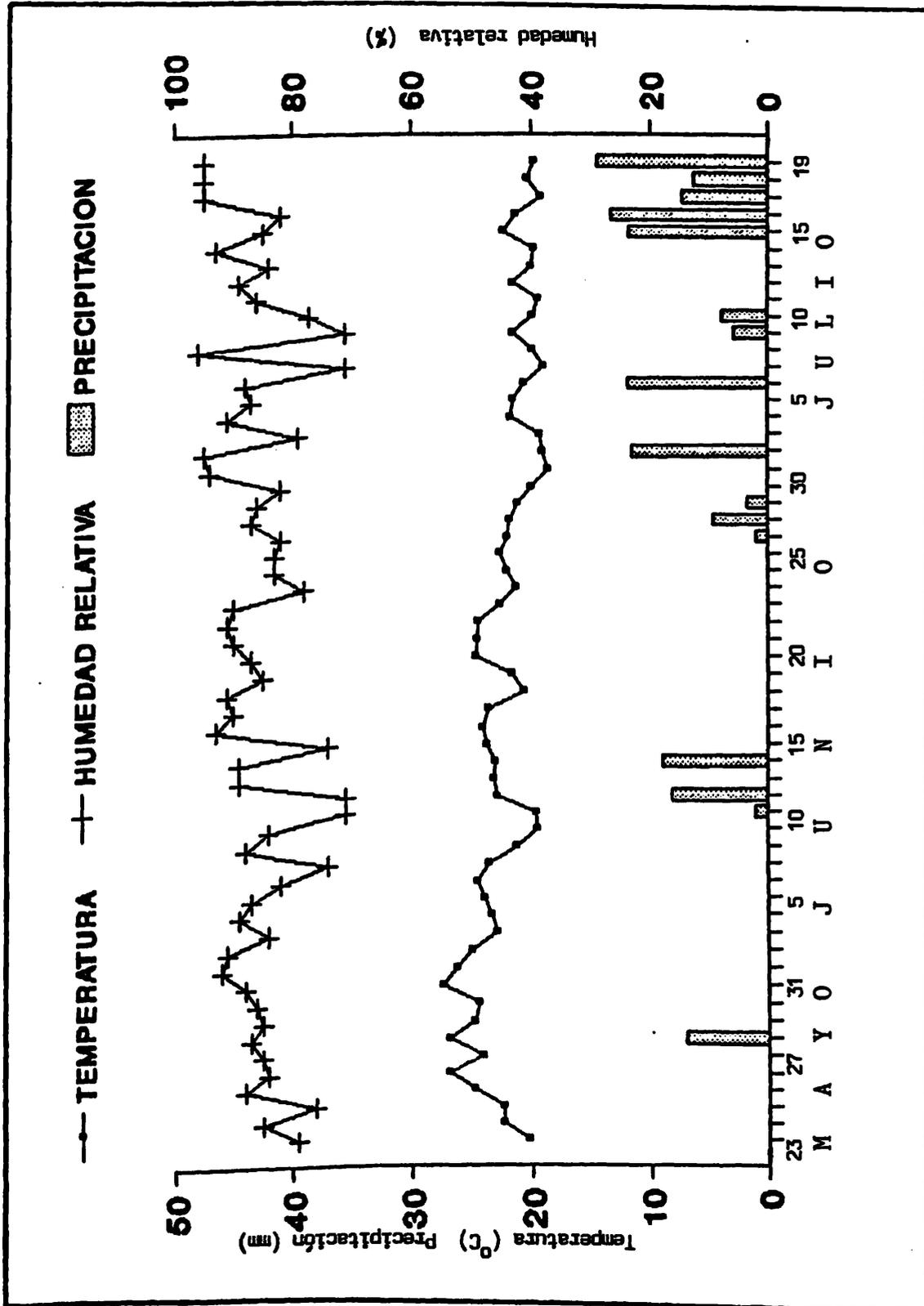


Figura 4.4. Condiciones climáticas prevalecientes durante el periodo de post-maduración de semilla de trigo en Buenavista, Coah., en 1990.

Cuadro 4.3. Periodos de permanencia en el campo, de la semilla de trigo cosechada en siete fechas.

Variedad	Fecha de Siembra					
	8 de enero		10. febrero			
	ddmf*	dds**	ddmf*	dds**		
<u>Aricosta</u>	C1:	0	137	C1:	0	121
	C2:	7	144	C2:	7	128
	C3:	14	151	C3:	14	135
	C4:	21	158	C4:	21	142
	C5:	28	165	C5:	28	149
	C6:	35	172	C6:	35	156
	C7:	55	192	C7:	47	168
<u>Ciano</u>	C1:	0	137	C1:	0	121
	C2:	7	144	C2:	7	128
	C3:	14	151	C3:	14	135
	C4:	21	158	C4:	21	142
	C5:	28	165	C5:	28	149
	C6:	35	172	C6:	35	156
	C7:	55	192	C7:	47	168
<u>Favón</u>	C1:	0	135	C1:	0	118
	C2:	7	142	C2:	7	125
	C3:	14	149	C3:	14	132
	C4:	21	156	C4:	21	139
	C5:	28	163	C5:	28	146
	C6:	35	170	C6:	35	153
	C7:	57	192	C7:	50	168

* ddmf: Días después de madurez fisiológica

** dds: Días después de la siembra

importante obtener una elevada producción combinada con la más alta calidad de semilla.

El análisis de varianza para esta característica (Cuadro 4.4) indica diferencias altamente significativas para el ambiente de producción, lo cual se demuestra en el Cuadro 4.5, en donde es observado que la mejor fecha de siembra fue el ocho de enero con una producción promedio de 4182.06 kg/ha, en tanto que el ambiente 10. de febrero se obtuvo 3684.07 kg/ha. De igual forma, en el cuadro anterior se puede observar, que en la fecha de siembra del ocho de enero la variedad Ciano fue estadísticamente superior a Aricosta y Pavón con valores de 4584.40, 4006.17 y 3955.62 kg/ha respectivamente, siendo estas dos últimas estadísticamente iguales. Para el ambiente 10. de febrero Ciano y Pavón fueron estadísticamente iguales y superiores a Aricosta con promedios y en igual orden de 3905.96, 3772.85 y 3373.41 kg/ha.

De manera general se puede observar (Cuadro 4.5) que al retrasar la siembra se provocaron pérdidas en el rendimiento por el orden de 15.8, 14.8 y 11.9 por ciento para Aricosta, Ciano y Pavón, respectivamente, es decir, la variedad Pavón fue más estable, ya que ambos ambientes le fueron favorables en la expresión de esta variable.

Cuadro 4.4. Cuadrados medios del análisis de varianza de las variables rendimiento y calidad física de semilla de tres variedades de trigo cosechadas en seis fechas.

Fuentes de variación	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 1000 semillas (g)	Peso volumétrico (kg/hl)
Ambiente (A)	8927817.55**	0.08ns	5.80ns
Error A	988976.62	3.39	4.20
Variedad (B)	3872122.43**	882.10**	334.06**
AxB	900552.74**	11.03**	3.21**
Error B	193940.87	0.92	0.68
F. de cosecha (C)	436749.13**	5.08*	38.13**
AxC	123628.20ns	3.68ns	2.46**
BxC	199062.56*	3.15ns	1.06**
AxBxC	100719.73ns	4.59**	0.48ns
Error C	89296.83	1.66	0.33
Coefficiente de variación (%)	7.60	3.61	0.79

* Significativo al 0.05

** Significativo al 0.01

ns No significativo

Los promedios más elevados se observaron en las cosechas tres y uno con 4143.91 y 4020.77 kg/ha respectivamente (Cuadro 4.6). Al analizar el efecto de la fecha de cosecha en los tres genotipos estudiados, se puede apreciar (Cuadro 4.7) que en Ciano la época de corte no afectó significativamente el rendimiento de semilla; asimismo, en Aricosta la mayor producción fue obtenida en las cosechas tres y uno con medias en igual orden de 3947.52 y 3573.25 kg/ha. Por otro lado, en la variedad Pavón los

Cuadro 4.5. Separación de medias de los efectos ambiente, variedad y ambiente por variedad de las variables rendimiento y calidad física de semillado trigo.

Factores de estudio	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 1000 semillas (g)	Peso volumétrico (kg/hl)
Ambiente			
8 enero	4182.06a*	35.76	72.89
1 febrero	3684.07b	35.71	73.29
Variedad			
Aricosta	3689.79b	40.62a	70.31c
Ciano	4245.18a	32.55c	73.42b
Favón	3864.24b	34.06b	75.55a
Amb. x Variedad			
8 Enero			
Aricosta	4006.17b	40.30a	70.05c
Ciano	4584.40a	33.13c	73.50b
Favón	3955.62b	33.87b	75.13a
10. Febrero			
Aricosta	3373.41b	40.93a	70.56c
Ciano	3905.96a	31.98c	73.34b
Favón	3772.85a	34.24b	75.98a

*Valores señalados con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS .05).

Cuadro 4.6. Separación de medias de los efectos fecha de cosecha y ambiente por fecha de cosecha de las variables rendimiento y calidad física de semilla de trigo.

Factores de estudio	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 1000 semillas (g)	Peso volumétrico (kg/hl)
F. de Cosecha			
C1:MF**	4020.77ab*	36.68a	74.57a
C2:MF+7 días	3950.49bc	35.60b	74.18b
C3:MF+14 días	4143.91a	35.56b	73.74c
C4:MF+21 días	3771.20d	35.55b	72.68d
C5:MF+28 días	3871.30bcd	35.56b	71.90e
C6:MF+35 días	3840.74cd	35.50b	71.40f
C7:DPS***		33.93	64.86
Amb. x F. de Cosecha			
8 de Enero			
C1:MF	4333.43	37.03	74.36ab
C2:MF+7 días	4149.99	35.67	73.90ab
C3:MF+14 días	4365.70	35.82	73.66b
C4:MF+21 días	3945.69	35.55	71.89c
C5:MF+28 días	4231.62	34.82	71.99c
C6:MF+35 días	4065.93	35.69	71.56c
C7:DPS		34.05	63.53
10. Febrero			
C1:MF	3708.10	36.32	74.79a
C2:MF+7 días	3750.98	35.53	74.45a
C3:MF+14 días	3922.11	35.29	73.82b
C4:MF+21 días	3596.71	35.53	73.46b
C5:MF+28 días	3510.96	36.29	71.81c
C6:MF+35 días	3615.55	35.32	71.43c
C7:DPS		33.82	66.19

* Valores señalados con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS .05)

** MF: Madurez fisiológica

*** DPS: deterioro precosecha severo (cosecha que no se incluyó en el análisis estadístico).

Cuadro 4.7. Separación de medias del efecto variedad x fecha de cosecha de las variables rendimiento y calidad física de semilla de trigo.

Factores de estudio	Rendimiento (kg/ha)	Peso de 1000 semillas (g)	Peso volumétrico (kg/hl)
<u>Aricosta</u>			
C1:MF**	3573.25b*	42.38	71.32a
C2:MF+7 días	3860.10ab	40.09	71.28ab
C3:MF+14 días	3947.52a	39.78	70.95b
C4:MF+21 días	3603.02b	40.50	69.93c
C5:MF+28 días	3572.86b	40.18	69.24d
C6:MF+35 días	3581.98b	40.73	69.13d
C7:DPS***		35.02	57.85
<u>Ciano</u>			
C1:MF	4314.66a	32.95	75.38a
C2:MF+7 días	4237.73a	32.49	74.51b
C3:MF+14 días	4348.54a	32.43	74.36b
C4:MF+21 días	4247.44a	32.59	73.05c
C5:MF+28 días	4210.91a	32.15	72.03d
C6:MF+35 días	4111.82a	32.69	71.19e
C7:DPS		32.55	65.68
<u>Pavón</u>			
C1:MF	4174.40a	35.05	77.03a
C2:MF+7 días	3753.64bc	34.21	76.74a
C3:MF+14 días	4135.67a	34.45	75.90b
C4:MF+21 días	3463.15c	33.18	75.05c
C5:MF+28 días	3830.13b	34.34	74.44d
C6:MF+35 días	3828.43b	33.09	74.16b
C7:DPS		34.23	71.05

* Valores señalados con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS .05)

** MF: Madurez fisiológica

*** DPS: deterioro precosecha severo (cosecha que no se incluyó en el análisis estadístico).

valores más altos se presentaron al cosechar en madurez fisiológica y 14 días después con 4174.40 y 4135.67 kg/ha, respectivamente. Es necesario señalar que esta característica no mostró una tendencia definida, ya que no tuvo un comportamiento variable a través de las diferentes cosechas efectuadas, esto coincide con lo reportado por Lin y Carvalho (1983). Lo anteriormente señalado, así como las ecuaciones de predicción y los coeficientes de determinación, quedan de manifiesto en la Figura 4.5.

Calidad Física

Peso de 1000 semillas

Al analizar este componente de la calidad física de la semilla se puede apreciar (Cuadro 4.5) que en el ambiente ocho de enero todas las variedades fueron estadísticamente diferentes, con valores promedios de 40.30, 33.87 y 33.13 g para Aricosta, Ciano y Pavon, respectivamente; asimismo, en la fecha de siembra del 10. de febrero, los genotipos conservaron ese mismo orden con 40.93, 34.24 y 31.98 g; debido a lo anterior, es posible señalar que las diferencias observadas, no fueron provocadas por el ambiente, sino que se deben al material genético utilizado.

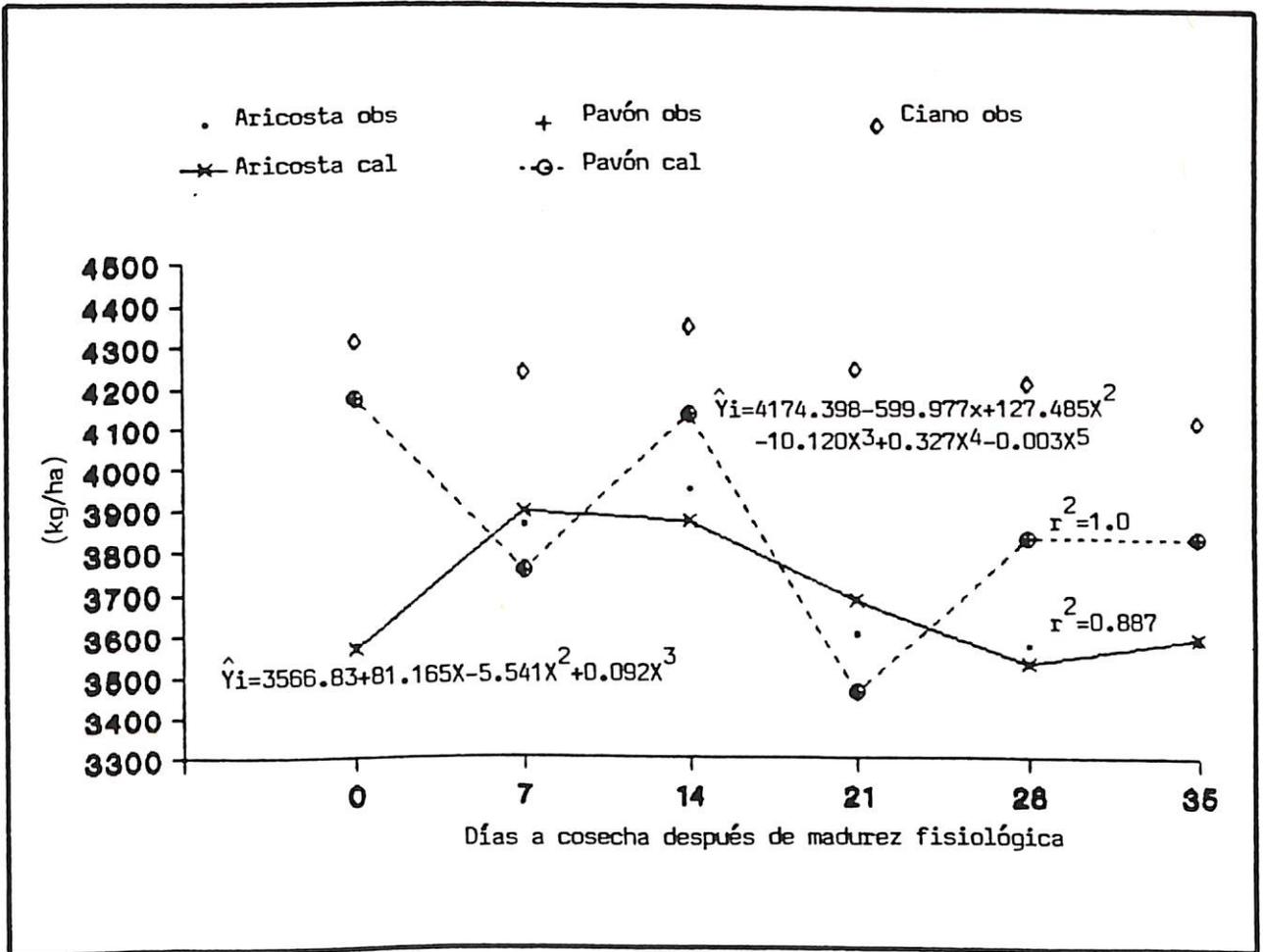


Figura 4.5. Rendimiento de semilla de tres variedades de trigo cosechada en seis fechas.

El Cuadro 4.4, muestra que el análisis de varianza reporta diferencias significativas para el factor fecha de cosecha. Al analizar el Cuadro 4.6 se aprecia que el mayor peso de semilla se obtuvo al cosechar en madurez fisiológica con valor promedio de 36.68 g, el cual fue estadísticamente superior a los demás cortes realizados; el menor peso se presentó en la cosecha siete con 33.93 g, es decir una reducción de 7.5 por ciento (Figura 4.6). La disminución de peso observada en este trabajo, fue ocasionada por el período de tiempo que la semilla estuvo expuesta a condiciones climáticas adversas, y principalmente por la presencia de lluvias antes de realizar el corte siete, lo cual ocasionó un deterioro precosecha severo. Lo anterior coincide con los resultados reportados por Czarnecki y Evans (1986) quienes señalan descensos significativos del peso de la simiente como consecuencia del ambiente y el retraso de la cosecha.

No obstante que el análisis de varianza (Cuadro 4.4) no reporta diferencias significativas para la interacción variedad por fecha de cosecha, en el Cuadro 4.7 se observa que el mayor peso de 1000 semillas de los tres genotipos estudiados, se obtuvo al cosechar en madurez fisiológica, sin embargo, en los cortes subsecuentes de Ciano y Favón no se presentaron cambios significativos, empero, al realizar el corte siete en Aricosta, se presentó una reducción de

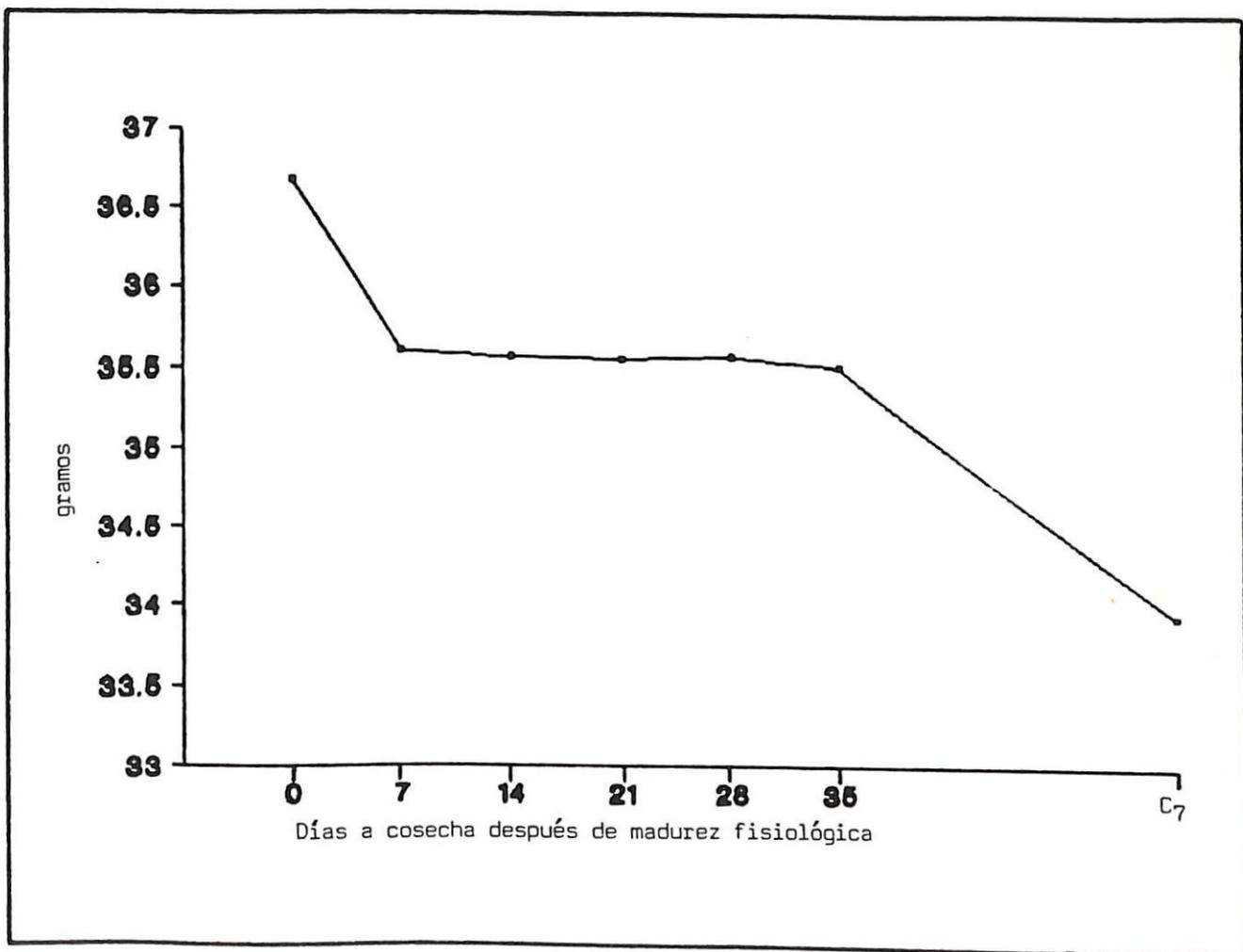


Figura 4.6. Peso de 1000 semillas de trigo cosechada en siete fechas.

17.4 por ciento (7.36 g) en el peso de la simiente, con respecto a la cosecha uno; es decir este último cultivar fue más susceptible al efecto de las condiciones ambientales en campo. Dichas diferencias de los materiales genéticos también fue reportada por Salgado (1989).

Peso Volumétrico

Esta característica está considerada como una variable importante para evaluar la calidad física de la semilla. En el Cuadro 4.5 se observa que en la fecha de siembra del ocho de enero la variedad Pavón fue superior a Ciano y esta a su vez a Aricosta con valores promedios de 75.13, 73.5 y 70.05 kg/hl, respectivamente; asimismo en el ambiente 10. de febrero los cultivares permanecieron en ese orden con 75.98, 73.34 y 70.56 kg/hl, todos ellos estadísticamente diferentes. Lo anterior concuerda con lo expresado por Salgado (1989) en el sentido de que el peso volumétrico de las simientes con textura suave es menor que en los de textura dura.

En el Cuadro 4.6 se observa que en las dos fechas de siembra se obtuvo el mayor peso volumétrico al cosechar en madurez fisiológica y siete días después con promedios de 74.36 y 73.90 kg/hl, respectivamente en el ambiente ocho de enero; en tanto que en la fecha de siembra 10. de febrero esos mismos cortes mostraron valores en igual orden de 74.79

y 74.45 kg/hl. Al analizar los datos de esta variable se manifiesta una tendencia a disminuir conforme se retrasa la cosecha, tal comportamiento así como las ecuaciones de predicción y los coeficientes de determinación se exponen en la Figura 4.7. Al realizar el último corte (Cuadro 4.6) se apreció que esta característica descendió drásticamente, estimándose una reducción de la cosecha uno a la siete de 10.8 y 8.6 kg/hl para las fechas de siembra uno y dos, respectivamente; dicha diferencia entre ambientes probablemente fue ocasionada porque la semilla de la fecha de siembra del ocho de enero permaneció por más tiempo en el campo, lo anterior coincide con lo reportado por Mendoza (1985) en el sentido de que el período de exposición de la simiente a condiciones climáticas adversas, después de madurez fisiológica, es un factor particularmente importante en el proceso de deterioro.

El análisis de varianza (Cuadro 4.4) muestra diferencias altamente significativas para la interacción variedad por fecha de cosecha, en el Cuadro 4.7 se expone que en los tres genotipos estudiados el mayor peso volumétrico fue obtenido al cosechar en madurez fisiológica con valores de 77.03, 75.38 y 71.32 kg/hl para Pavon, Ciano y Aricosta, respectivamente; asimismo, en los tres cultivares, esta característica manifiesta una tendencia a descender en función del retraso de la cosecha, dicho

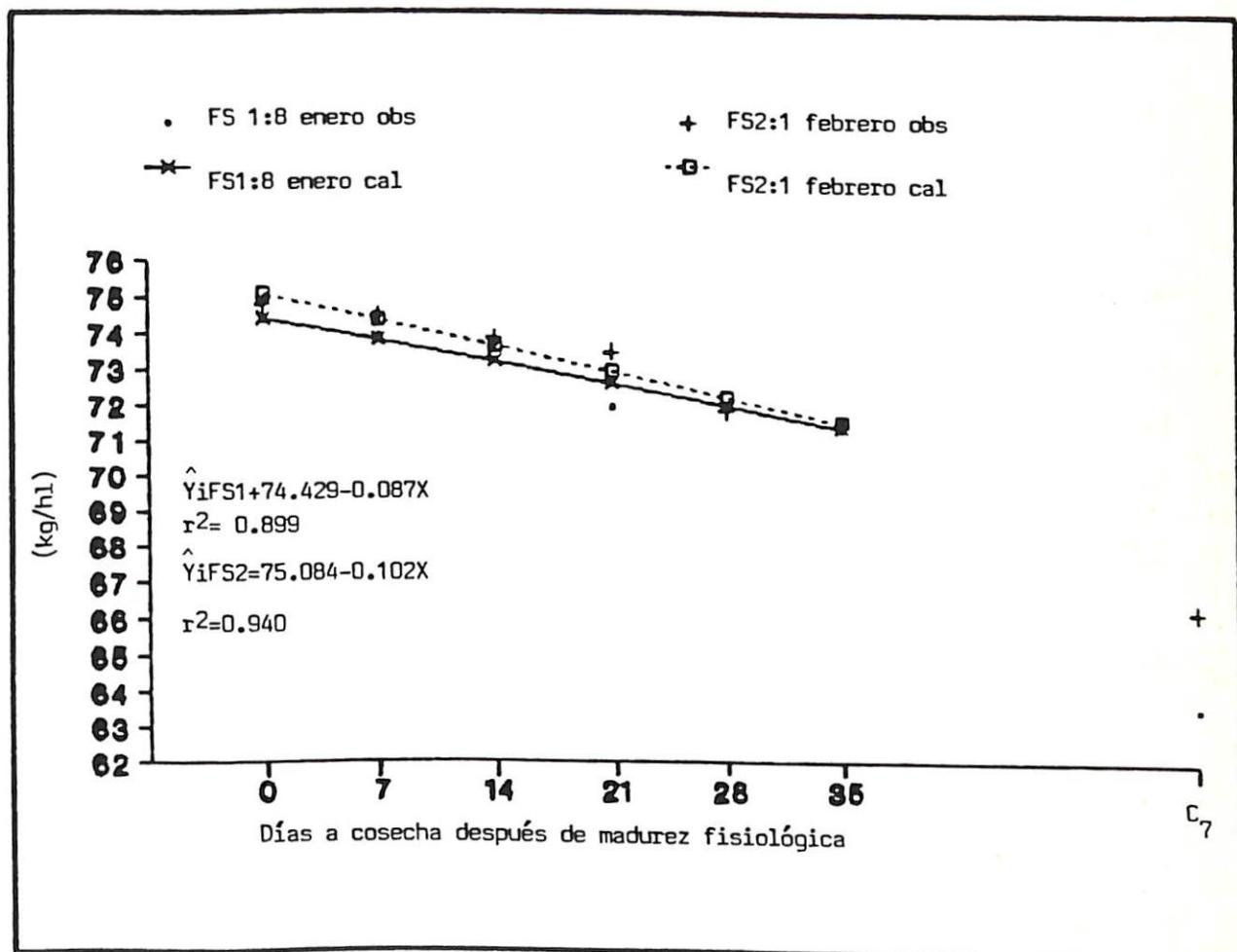


Figura 4.7. Peso volumétrico de semilla de trigo cosechada en siete fechas en dos ambientes de producción.

comportamiento queda asentado en la Figura 4.8 en donde además se aprecia que las ecuaciones de predicción fueron de grado lineal para Aricosta, Ciano y Favon, con coeficientes de determinación en igual orden de $r^2 = 0.926$, $r^2 = 0.972$ y $r^2 = 0.976$, indicando un grado de ajuste de la ecuación de regresión muy aproximado al comportamiento real de esta variable. Lo anterior coincide con lo reportado por Milner y Shellenberger (1953) quienes señalan que al demorar la cosecha de trigo se pueden presentar periodos alternos de humedecimiento y secado de la semilla en el campo, lo cual provoca una declinación del peso volumétrico, debido a la formación interior de espacios de aire, así como al arrugamiento y separación de la cubierta de la simiente.

De igual forma al efectuar el último corte (Cuadro 4.7) se observó que este parámetro disminuyó drásticamente presentándose una reducción de la cosecha uno a la siete de 18.9, 12.9 y 7.8 por ciento en Aricosta, Ciano y Favón, respectivamente; cabe señalar que el corte siete se realizó después de un periodo de cuatro días con lluvias lo cual provocó un severo deterioro de la simiente, lo anterior se corrobora con lo mencionado por Ghaderi y Everson (1971) quienes concluyeron que la presencia de precipitación pluvial durante el periodo de postmaduración de trigo provocó una notoria baja del peso volumétrico de la semilla; por otro lado las diferencias de los materiales genéticos

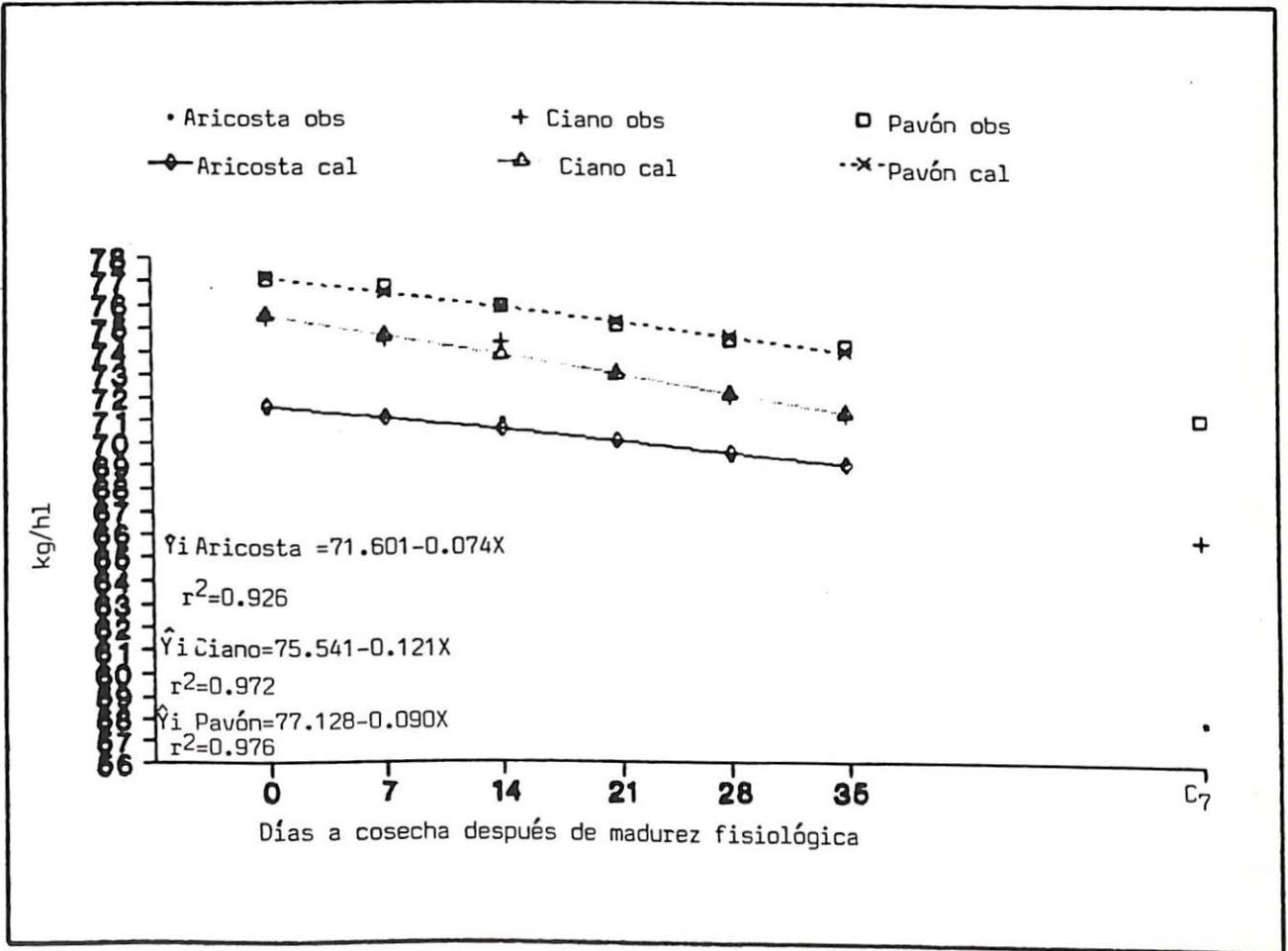


Figura 4.8. Peso volumétrico de semilla de tres variedades de trigo cosechada en siete fechas.

confirman lo indicado por Delouche (1973) en el sentido de que el proceso de deterioro es diferente entre variedades de la misma especie.

Asimismo, al realizar una evaluación visual de la apariencia física de la semilla, se observó que conforme se retrasó la cosecha, la simiente iba perdiendo el color natural característico de cada variedad, dicha alteración fue provocada por el período de exposición a las condiciones ambientales esto se confirma con lo señalado por Milner y Shellenberger (1953).

Calidad Fisiológica

Germinación Estándar

El análisis de varianza (Cuadro 4.8) detectó diferencias significativas para la interacción variedad por ambiente de producción; en el Cuadro 4.9 se puede apreciar que en la fecha de siembra del ocho de enero Aricosta fue superior a Ciano y ésta a su vez a Favón con valores de 99.71, 99.11 y 97.69 por ciento, respectivamente; en tanto que para el ambiente 10. de febrero, esta variable presentó promedios de 99.46, 99.35 y 98.82 por ciento, en Ciano, Aricosta y Favon, respectivamente, todos ellos estadísticamente iguales; lo anterior concuerda con lo reportado por Odiemah y Atta (1985) y Salgado (1989) en el

Cuadro 4.8. Cuadrados medios del análisis de varianza de cuatro características de la calidad fisiológica de semilla de tres variedades de trigo cosechada en tres fechas.

Fuentes de variación	Germinación estándar (%)	Peso seco de plántula de germinación estándar (mg)	Germinación después de envejecim. acelerado (%)	Peso seco de plántula de envej. acelerado (mg)
Ambiente (A)	18.72ns	2.66ns	290.07ns	6.29ns
Error A	4.32	1.48	95.51	1.50
Variedades (B)	170.68**	264.37**	869.62**	259.77**
A x B	50.29*	4.16ns	369.80*	7.98ns
Error B	11.09	1.31	57.78	2.28
Fecha de cosecha (C)	56.84**	5.01**	715.88**	50.78**
A x C	106.99**	11.61**	200.12*	6.30ns
B x C	27.10ns	1.08ns	145.90ns	11.91**
A x B x C	78.91**	4.38**	97.63ns	12.94**
Error C	16.92	1.14	80.59	4.63
Coefficiente de variación (%)	4.86	8.27	15.06	27.34

* Significativo al 0.05 por ciento

** Significativo al 0.01 por ciento

ns No significativo

sentido de que los cultivares de trigo exhiben diferencias en la germinación de semilla.

Al examinar el factor fechas de cosecha (Cuadro 4.10) se observa que los mayores valores se alcanzaron en el corte tres y uno con 99.71 y 99.46 por ciento respectivamente, en tanto que en la cosecha seis se presentó el menor porcentaje de germinación con 98.38; es decir una reducción de 1.08 por ciento entre el corte uno y seis; lo anterior coincide con lo señalado por Lin y Carvalho (1980)

quienes mencionan que al retrasar la cosecha de trigo no hubo descensos notorios en la germinación estándar.

Cuadro 4.9. Separación de medias de los efectos ambiente, variedad y ambiente x variedad, de cuatro características de la calidad fisiológica de semilla de trigo.

Factores de estudio	Germinación estándar (%)	Peso seco de plántula de germinación estándar (mg)	Germinación después de envejecim. acelerado (%)	Peso seco de plántula de envej. acelerado (mg)
<u>Ambiente</u>				
8 enero	99.01	13.08	72.21	7.66
1 febrero	99.23	12.82	76.53	8.08
<u>Variedad</u>				
Aricosta	99.55a*	15.37a	76.66a	9.62a
Ciano	99.30a	10.68c	66.77b	5.23b
Pavón	98.30b	12.82b	79.25a	8.75a
<u>Amb. x Variedad</u>				
8 Enero				
Aricosta	99.71a	15.31	78.91a	9.82
Ciano	99.11b	11.16	63.68b	5.03
Pavón	97.69c	12.81	73.40a	8.13
10. Febrero				
Aricosta	99.35a	15.42	74.34b	9.43
Ciano	99.46a	10.20	69.79b	5.43
Pavón	98.82a	12.84	84.54a	9.37

*Valores señalados con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS .05).

Cuadro 4.10. Separación de medias de los efectos fecha de cosecha y ambiente x fechas de cosecha de cuatro características de la calidad fisiológica de la semilla de trigo.

Factores de estudio	Germinación estándar (%)	Peso seco de plántula de germinación estándar (mg)	Germinación después de envejecim. acelerado (%)	Peso seco de plántula de envej. acelerado (mg)
F. de Cosecha				
C1:MF**	99.46ab*	13.46a	86.93a	10.41a
C2:MF+7 días	99.05bc	12.48b	78.54b	8.57b
C3:MF+14 días	99.71a	13.58a	75.19bc	7.87bc
C4:MF+21 días	99.06bc	12.76b	63.86d	6.71cd
C5:MF+28 días	98.70bc	12.62b	70.40cd	7.05cd
C6:MF+35 días	98.38c	12.84b	66.10d	6.59d
C7:DPS***	74.51	7.13	27.79	3.33
Amb. x F. de Cosecha				
8 de Enero				
C1:MF	99.76ab	13.87a	84.45a	10.62
C2:MF+7 días	97.72c	12.46b	69.87b	7.48
C3:MF+14 días	99.86a	14.22a	71.92b	7.66
C4:MF+21 días	97.80c	11.71b	63.00b	6.27
C5:MF+28 días	98.78c	12.55b	72.32b	7.02
C6:MF+35 días	98.91bc	13.76a	70.04b	6.91
C7:DPS	71.11	7.22	26.92	3.10
10. Febrero				
C1:MF	99.05abc	13.06ab	89.22a	10.20
C2:MF+7 días	99.81a	12.50bc	86.09ab	9.67
C3:MF+14 días	99.50ab	12.59b	78.33bc	8.09
C4:MF+21 días	99.79a	13.82a	70.60cd	7.14
C5:MF+28 días	98.61bc	12.68bc	68.44cd	7.09
C6:MF+35 días	97.73c	11.92c	62.04d	6.28
C7:DPS	77.77	7.29	28.66	3.56

* Valores señalados con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS .05)

** MF: Madurez fisiológica

*** DPS: deterioro precosecha severo (cosecha que no se incluyó en el análisis estadístico).

Al analizar el efecto del ambiente sobre las fechas de cosecha se muestra (Cuadro 4.10) que en la fecha de siembra del ocho de enero los más altos valores se obtuvieron en los cortes tres y uno con 99.86 y 99.76 por ciento respectivamente; en tanto que, en el ambiente 10. de febrero los promedios mayores se observaron en las primeras cuatro cosechas con un promedio de 99.53 por ciento, mientras que en corte seis se presentó el menor porcentaje de germinación con 97.73, esto significa un descenso de 1.8 por ciento; todo lo anterior, así como las ecuaciones de predicción y los coeficientes de determinación se exponen en la Figura 4.9.

En los tres genotipos estudiados se observó (Cuadro 4.11) que en las primeras seis cosechas no hubo cambios importantes en la germinación estándar y se apreciaron valores promedio de 99.55, 99.30 y 98.30 por ciento para Aricosta, Ciano y Pavon, respectivamente; sin embargo, al realizar el corte siete se presentó una reducción de 50.7, 17.9 y 9.8 por ciento en Aricosta, Ciano y Pavon, respectivamente, asimismo es preciso señalar que al efectuar la última cosecha se observó el "brotado" de la semilla, que si bien no se cuantificó en forma precisa, fue más alto en Aricosta, moderado en Ciano y menor en Pavon; esto indica que los dos últimos cultivares toleraron las condiciones ambientales desfavorables, es decir, el periodo de cuatro

Cuadro 4.11. Separación de medias del efecto variedad x fecha de cosecha de cuatro características de la calidad fisiológica de semilla de trigo.

Factores de estudio	Germinación estándar (%)	Peso seco de plántula de germinación estándar (mg)	Germinación después de envejecim. acelerado (%)	Peso seco de plántula de envej. acelerado (mg)
<u>Aricosta</u>				
C1:MF**	99.30	16.25	88.59	12.42a*
C2:MF+7 días	99.35	14.43	80.85	10.69ab
C3:MF+14 días	99.88	15.92	76.84	8.78bc
C4:MF+21 días	99.35	15.74	78.76	10.28b
C5:MF+28 días	99.69	14.86	66.15	7.90c
C6:MF+35 días	99.53	15.01	65.71	7.67c
C7:DPS***	48.85	4.91	13.70	2.19
<u>Ciano</u>				
C1:MF	99.49	10.85	85.38	7.56a
C2:MF+7 días	99.64	10.52	77.44	6.62a
C3:MF+14 días	99.90	11.54	66.26	6.40a
C4:MF+21 días	99.56	10.17	51.44	3.53b
C5:MF+28 días	98.69	10.50	60.23	4.09b
C6:MF+35 días	97.42	10.51	55.92	3.17b
C7:DPS	81.45	7.46	32.91	2.75
<u>Favón</u>				
C1:MF	99.58	13.30	86.72	11.24a
C2:MF+7 días	97.71	12.49	77.26	8.41bc
C3:MF+14 días	99.06	13.30	81.69	8.44bc
C4:MF+21 días	97.92	12.38	69.00	6.31c
C5:MF+28 días	97.05	12.48	83.18	9.17a
C6:MF+35 días	97.67	13.00	75.92	8.94b
C7:DPS	88.53	9.40	39.09	5.06

* Valores señalados con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS .05)

** MF: Madurez fisiológica

*** DPS: deterioro precosecha severo (cosecha que no se incluyó en el análisis estadístico).

días con lluvia que ocurrieron antes de realizar el corte siete. Lo anterior coincide con lo reportado por Mitchell *et al.* (1980) y Moss *et al.* (1972) en el sentido de que los factores climáticos imperantes y las características del material genético influyen en la presencia de la germinación prematura de la simiente de trigo en la espiga y que dicho fenómeno provoca un deterioro importante de la calidad.

Peso Seco de Plántula de Germinación Estándar

El análisis de varianza (Cuadro 4.8) detectó diferencias altamente significativas para variedades; en el Cuadro 4.9 se aprecia que todos los genotipos fueron estadísticamente diferentes entre sí, siendo superior Aricosta, después Pavón y por último Ciano con valores promedios de 15.37, 12.82 y 10.68 mg por plántula, respectivamente.

Lo anterior se debió a que dichos cultivares exhibieron la misma tendencia para la variable peso de 1000 semillas, y esta a su vez mostró una correlación positiva altamente significativa ($r=0.834$) con la característica en discusión (Cuadro 4.16); esto se corrobora con lo señalado por Ries y Everson (1973).

Al analizar el efecto del ambiente en las fechas de cosecha, se apreció (Cuadro 4.10) que en la fecha de siembra

ocho de enero los valores más altos se obtuvieron en el corte tres, uno y seis con 14.22, 13.87 y 13.76 mg por plántula, respectivamente; mientras que para el ambiente 10. de febrero, en las cosechas cuatro y uno se presentaron los mayores pesos con promedios en igual orden de 13.82 y 13.06 mg por plántula; es preciso indicar que esta característica no mostró una tendencia definida, es decir su comportamiento fue variable en los diferentes cortes realizados, esto queda asentado en la Figura 4.10, en donde también se exponen las ecuaciones de predicción y los coeficientes de determinación. Lo anterior coincide con lo mencionado por Rincón (1989) quien concluyó que esta prueba de vigor fue poco confiable para evaluar la calidad de semillas de maíz.

Germinación Después de Envejecimiento Acelerado

Esta prueba fue desarrollada para predecir la capacidad de almacenamiento de los lotes de semila y la emergencia en el campo (Delouche y Baskin, 1973).

Al examinar el efecto del ambiente de producción sobre las variedades el Cuadro 4.9 indica que en la fecha de siembra ocho de enero Aricosta y Favón fueron estadísticamente iguales y superiores a Ciano con promedios de 78.91, 73.40 y 63.68 por ciento, respectivamente; en tanto que para el ambiente 10. de febrero Favón fue

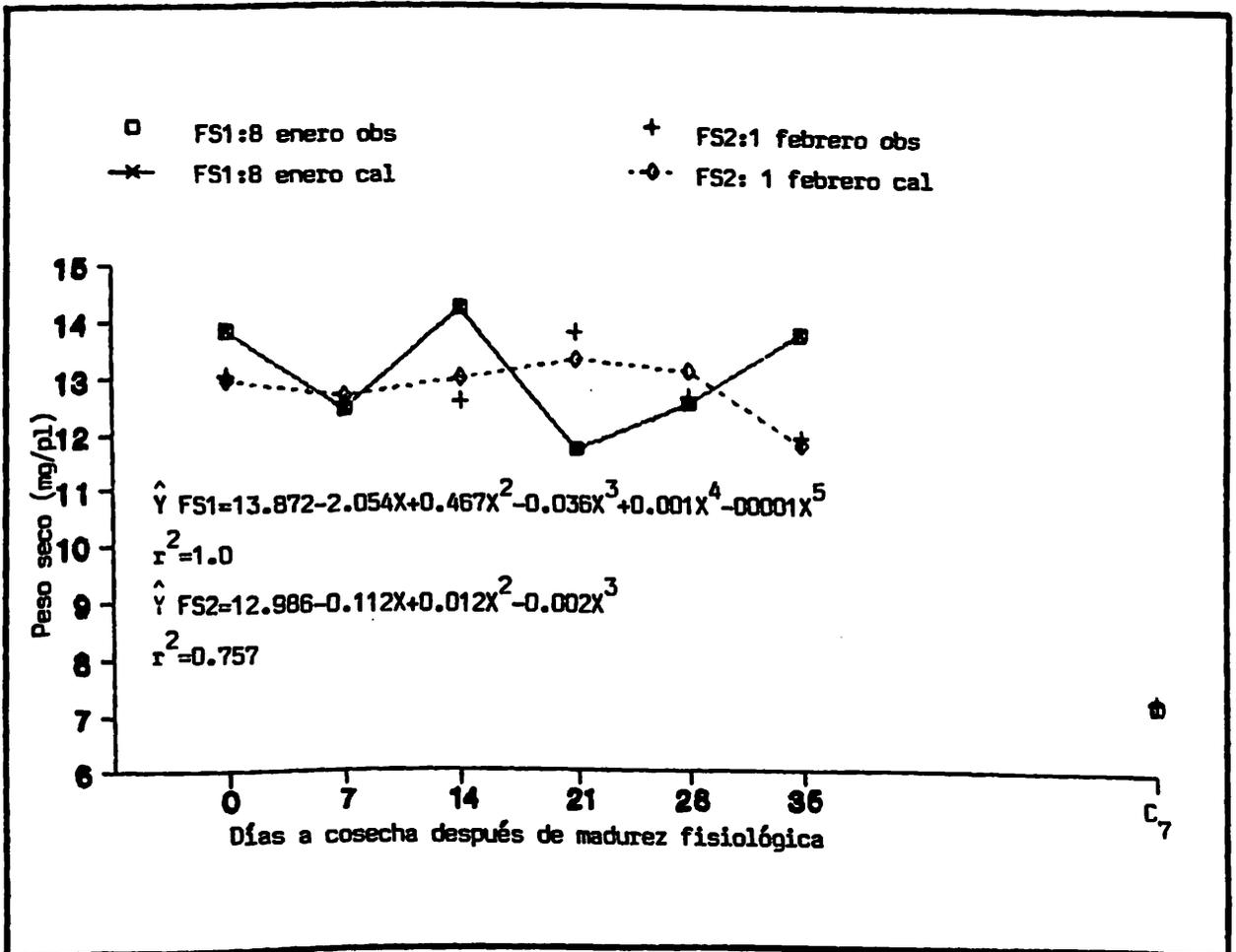


Figura 4.10. Peso seco de plántula de germinación estándar de semilla de trigo cosechada en siete fechas en dos ambientes de producción.

estadísticamente superior a Aricosta y Ciano con valores en igual orden de 84.54, 74.34, 69.79 por ciento, siendo estas últimas estadísticamente iguales. Lo anterior confirma la importancia del genotipo en la respuesta de la semilla a pruebas de vigor como el envejecimiento acelerado; lo cual también es reportado por Caro (1987).

El análisis de varianza (Cuadro 4.8) detectó diferencias significativas para la interacción ambiente de producción por fecha de cosecha; en el Cuadro 4.10 se aprecia que en la fecha de siembra del ocho de enero el mayor promedio se obtuvo al cosechar en madurez fisiológica con 84.45 por ciento; mientras que para el ambiente 10. de febrero los valores más altos se observaron en los cortes uno y dos con 89.22 y 86.09 por ciento respectivamente; en la Figura 4.11 se muestra que las ecuaciones de predicción fueron de grado cuadrático y lineal para el ambiente ocho de enero y 10. de febrero, respectivamente, con coeficientes de determinación en igual orden de 0.734 y 0.975. Los anteriores resultados indican que al retrasar la cosecha después de madurez fisiológica, probablemente se reduzca el potencial de almacenamiento de la semilla de trigo, lo cual es también señalado por Justice y Bass (1978). Similares efectos fueron reportados en soya (Vidales, 1991).

Peso Seco de Plántula Después de Envejecimiento Acelerado

Esta característica no se ha considerado en forma rutinaria para estimar el vigor de la semilla; sin embargo, para evaluar la prueba de envejecimiento acelerado es necesario utilizar un parámetro complementario a la germinación con el objetivo de estudiar más ampliamente el comportamiento de la calidad luego de que la simiente es sometida a un período de alta humedad relativa y temperatura elevada.

El análisis de varianza (Cuadro 4.8) reveló diferencias altamente significativas para variedades; en el Cuadro 4.9 se aprecia que Aricosta y Pavón fueron estadísticamente iguales y superiores a Ciano con pesos promedio en igual de 9.62, 8.75 y 5.23 mg por plántula, estos resultados corroboran lo señalado por Copeland y McDonald (1985) en el sentido de que el genotipo es un factor que infuye en la expresión del vigor de semilla.

Al analizar el efecto de la fecha de cosecha en las diferentes variedades se observa (Cuadro 4.11) que los mayores valores se obtuvieron al cosechar en madurez fisiológica con 12.42, 11.24 y 7.56 mg por plántula para Aricosta, Pavón y Ciano, respectivamente. Conforme se retrasó el corte hubo una reducción de esta característica,

lo cual queda de manifiesto en la Figura 4.12 en donde además se muestran las ecuaciones de predicción y los coeficientes de determinación.

Lo anterior indica que al demorar la cosecha después de madurez fisiológica se presenta una pérdida de vigor como consecuencia de la exposición de la semilla a condiciones climáticas desfavorables tal como lo señala Miranda (1984a) y Popinigis (1985).

Asimismo, al realizar el corte siete se apreció (Cuadro 4.11 y Figura 4.10) una disminución notoria de esta característica, la cual fue diferente para cada variedad; así la pérdida del peso seco de plántula para Ciano fue de 4.81 mg, de 6.18 mg para Pavón y de 10.23 mg para Aricosta, entre la primera y última cosecha respectivamente, lo cual indica que este último genotipo fue más susceptible al daño ocasionado por el período lluvioso que se presentó antes de realizar el corte siete. Las diferencias de los materiales genéticos para tolerar el deterioro precosecha también fue reportado por Mohd-Lassim (1975).

Longitud de Plúmula

El análisis de varianza (Cuadro 4.12) detectó diferencias altamente significativas para el ambiente de

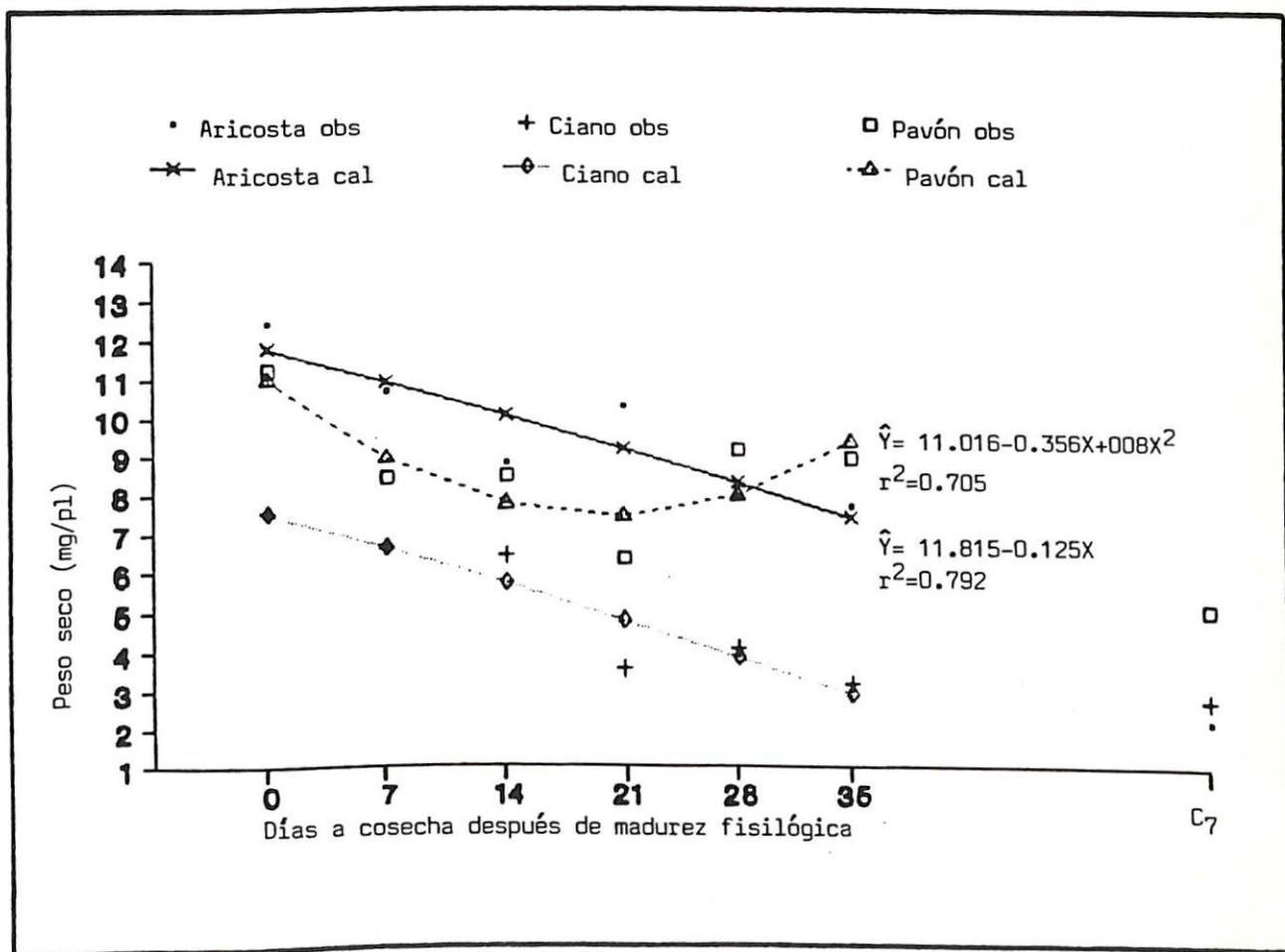


Figura 4.12. Peso seco de plántula de germinación después de envejecimiento acelerado de semilla de tres variedades de trigo cosechada en siete fechas.

producción; en el Cuadro 4.13 se aprecia que la fecha de siembra ocho de enero fue estadísticamente superior al ambiente 10. de febrero con promedios de 6.67 y 5.98 cm respectivamente.

En los dos ambientes (Cuadro 4.13) las variedades manifestaron la misma tendencia, es decir, en promedio de las dos fechas de siembra Favón fue superior a Aricosta y esta a su vez a Ciano con promedios en igual orden de 7.38, 6.95 y 4.65 cm, todos ellos estadísticamente diferentes.

Emergencia Final

El análisis de varianza (Cuadro 4.12) reveló diferencias significativas para el factor variedades; en el Cuadro 4.13 se aprecia que Ciano fue estadísticamente superior a Aricosta y Favón con promedios de 97.51, 96.20 y 95.43 por ciento respectivamente, estos dos últimos datos fueron estadísticamente iguales, dichas diferencias son ocasionadas por las características intrínsecas de cada genotipo.

Por otro lado, el análisis de varianza (Cuadro 4.12) reportó diferencias no significativas para la interacción ambiente por fecha de cosecha y para variedad por fecha de cosecha, lo cual indica que la época de corte no influyó en la expresión de esta variable.

Cuadro 4.12. Cuadrados medios del análisis de varianza de tres características de semilla de tres variedades de trigo cosechada en seis fechas.

Fuente de variación	Longitud de plúmula (cm)	Emergencia final (%)	Índice de velocidad de emergencia
Ambiente (A)	17.52**	51.45ns	57.96ns
Error A	0.20	17.26	110.14
Variedades (B)	103.33**	132.02*	571.85**
A x B	3.58**	51.56ns	29.67ns
Error B	0.15	22.17	8.40
Fecha de cosecha (C)	0.71ns	30.53ns	7.84ns
A x C	0.65ns	30.54ns	6.82ns
B x C	0.48ns	17.30ns	10.70ns
A x B x C	0.88**	16.75ns	7.59ns
Error C	0.32	22.31	5.69
Coefficiente de variación (%)	9.06	5.97	5.39

* Significativo al 0.05 por ciento

** Significativo al 0.01 por ciento

ns No significativo

Índice de Velocidad de Emergencia

La variedad fue determinante en la expresión de esta variable, en el Cuadro 4.13 se aprecia que todos los genotipos fueron estadísticamente diferentes entre sí, siendo superior Aricosta, después Pavón y finalmente Ciano con valores en igual orden de 47.93, 43.71 y 41.09. Este parámetro mostró una correlación positiva y altamente significativa con peso de 1000 semillas y peso seco de

Cuadro 4.13. Separación de medias de los efectos ambiente, variedad y ambiente x variedades de tres características de semilla de trigo.

Factores de estudio	Longitud de plúmula (cm)	Emergencia final (%)	Indice de velocidad de emergencia
<u>Ambiente</u>			
8 enero	6.67a*	96.04	43.61
1 febrero	5.98b	96.81	44.88
<u>Variedad</u>			
Aricosta	6.95b	96.20b	47.93a
Ciano	4.65c	97.51a	41.09c
Pavón	7.38a	95.43c	43.71b
<u>Amb. x Variedad</u>			
8 Enero			
Aricosta	7.36b	96.59	48.18
Ciano	4.70c	96.74	40.17
Pavón	7.96a	94.63	42.47
10. Febrero			
Aricosta	6.53b	95.80	47.67
Ciano	4.60c	98.18	42.00
Pavón	6.80a	96.17	44.95

*Valores señalados con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS .05).

plántula de germinación estándar con coeficientes de $r=0.619$ y $r=0.603$ respectivamente (Cuadro 4.15) y los cultivares exhibieron la misma tendencia en estas características; es decir, que a mayor peso de 1000 semillas se producen plántulas de peso seco más elevado y éstas emergen más rápido; lo anterior coincide con lo señalado por Lafond y Baker (1986) y Pinthus y Kimel (1979).

En los primeros seis cortes de las tres variedades no se apreciaron cambios significativos en el índice de velocidad de emergencia (Cuadro 4.14); en las seis cosechas iniciales se observaron promedios de 47.93, 43.71 y 41.09 para Aricosta, Favón y Ciano respectivamente; sin embargo, en el corte siete se presentó una notoria disminución en el mismo orden de 75.1, 19.9 y 27.9 por ciento, lo cual significa que Aricosta exhibió los mayores índices de velocidad en las primeras seis cosechas, sin embargo, este genotipo fue más susceptible al daño ocasionado por el período de cuatro días con lluvia que ocurrió antes de realizar el corte siete lo cual originó un deterioro precosecha severo; esto concuerda con lo indicado por Helmer (1980) en el sentido de que la presencia de etapas con precipitación frecuente y/o prolongada producen una drástica pérdida de la calidad de semilla y corrobora lo señalado por Salgado (1989) quien menciona que la magnitud del deterioro de campo varía entre cultivares de trigo.

Cuadro 4.14. Separación de medias del efecto variedad x fecha de cosecha de tres características de semilla de trigo

Factores de estudio	Longitud de plúmula (cm)	Emergencia final (%)	Indice de velocidad de emergencia
<u>Aricosta</u>			
C1:MF**	6.75	97.23	48.51
C2:MF+7 días	7.21	96.85	49.44
C3:MF+14 días	6.82	96.89	48.30
C4:MF+21 días	6.97	96.39	48.81
C5:MF+28 días	6.84	94.92	46.78
C6:MF+35 días	7.11	94.57	45.74
C7:DPS***	2.88	24.87	11.92
<u>Ciano</u>			
C1:MF	4.77	98.11	40.92
C2:MF+7 días	4.93	97.50	42.02
C3:MF+14 días	4.94	98.73	41.82
C4:MF+21 días	4.25	96.69	40.67
C5:MF+28 días	4.50	95.88	39.89
C6:MF+35 días	4.52	97.64	41.21
C7:DPS	4.10	69.27	29.63
<u>Pavón</u>			
C1:MF	7.40	95.58	44.48
C2:MF+7 días	7.39	95.85	42.69
C3:MF+14 días	7.79	95.76	44.60
C4:MF+21 días	6.96	93.17	42.05
C5:MF+28 días	7.66	96.34	44.46
C6:MF+35 días	7.07	95.60	43.96
C7:DPS	5.51	75.12	35.00

* Valores señalados con la misma letra son estadísticamente iguales (DMS .05)

** MF: Madurez fisiológica

*** DPS: deterioro precosecha severo (cosecha que no se incluyó en el análisis estadístico).

Índice de Deterioro

Como una variable adicional se incluyó en el presente estudio el índice de deterioro, con el propósito de evaluar un método que permita cuantificar la pérdida de calidad que sufre la semilla después de madurez fisiológica.

En la Figura 4.13 y Cuadro 4.15 se observan los índices de deterioro diarios y acumulados para cada una de las cosechas realizadas en las tres variedades y en ambas fechas de siembra.

En este aspecto, Flores (1989); Salgado (1989) y Vidales (1991) señalan que en sorgo, trigo y soya respectivamente, los índices de deterioro acumulados a partir de madurez fisiológica hasta la última cosecha, resultan ser útiles para inferir sobre el efecto deteriorativo del clima en la etapa de postmaduración de la semilla.

Análisis de Correlación

El análisis de correlación (Cuadro 4.16) detectó que el índice de deterioro diario acumulado se relaciona negativa y significativamente con peso volumétrico, germinación estándar, germinación después de envejecimiento

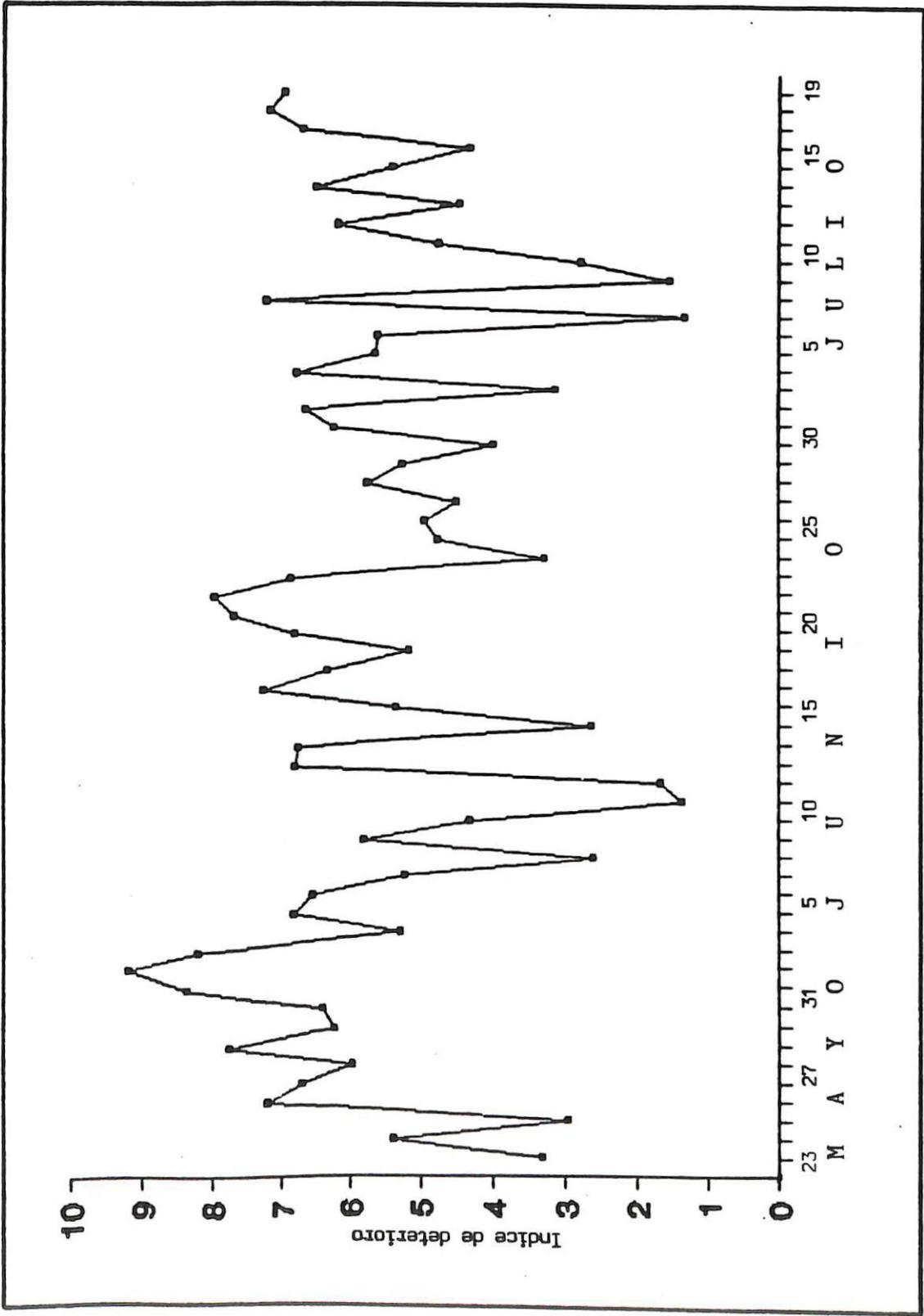


Figura 4.13. Índice de deterioro diario durante la etapa de postmaduración de semilla de trigo en Buenavista, Coah., en 1990.

Cuadro 4.15. Índice de deterioro acumulado para las seis cosechas de semilla de tres variedades de trigo.

Variedades	Fecha de Siembra	
	8 de enero	10. febrero
<u>Aricosta</u>	C1: 2.95	C1: 9.18
	C2: 51.50	C2: 49.62
	C3: 95.33	C3: 81.49
	C4: 124.65	C4: 129.50
	C5: 154.15	C5: 161.93
	C6: 209.45	C6: 197.20
<u>Ciano</u>	C1: 5.96	C1: 9.18
	C2: 57.30	C2: 49.62
	C3: 89.96	C3: 81.49
	C4: 129.71	C4: 129.50
	C5: 172.19	C5: 161.93
	C6: 209.42	C6: 197.20
<u>Favón</u>	C1: 3.31	C1: 6.22
	C2: 45.46	C2: 56.95
	C3: 96.20	C3: 84.72
	C4: 123.96	C4: 127.97
	C5: 167.22	C5: 167.91
	C6: 207.16	C6: 205.61

Cuadro 4.16. Matriz de correlación de 10 características y el índice de deterioro de semilla de trigo cosechada en seis fechas.

Característica	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1. Rendimiento	---	-0.278 **	0.284 **	0.144	-0.211 *	-0.030	-0.122	-0.179 *	0.097	-0.217 **	-0.016
2. Peso de 100 semillas	---	---	-0.569 **	0.208 **	0.834 **	0.176 *	0.481 **	0.420 **	-0.089	0.619 **	-0.030
3. Peso volumétrico	---	---	---	-0.041	-0.314 **	0.274 **	0.066	0.037	0.042	-0.256 **	-0.529 **
4. Germinación estándar	---	---	---	---	0.311 **	0.146	0.210 **	-0.019	0.262 **	0.241 **	-0.160 *
5. Peso seco de plántula de germinación estándar	---	---	---	---	---	0.261	0.557 **	0.565 **	0.045	0.604 **	-0.060
6. Germinación después de envejecimiento acelerado	---	---	---	---	---	---	0.810	0.338 **	0.106	0.316 **	-0.466 **
7. Peso seco de plántula de envejecimiento acelerado	---	---	---	---	---	---	---	0.520 **	0.052	0.470 **	-0.416 **
8. Longitud de plúmula	---	---	---	---	---	---	---	---	-0.223 **	0.382 **	-0.043
9. Emergencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0.212 **	-0.150 *
10. Índice de velocidad de emergencia	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
11. Índice de deterioro	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

* Significativo al 0.05

** Significativo al 0.01

acelerado y con peso seco de plántula de envejecimiento acelerado esto indica que a mayor deterioro existe una reducción de estas características, lo cual además confirma lo expresado anteriormente, ya que como se recordará al retrasar la cosecha hubo una disminución de dichas variables; estos resultados son similares a los reportados por Salgado (1989).

Lo anterior revela la importancia que tiene el índice de deterioro para estudiar la disminución de la calidad física y fisiológica que se puede presentar en la semilla de trigo durante su postmaduración, por lo cual este tipo de análisis sería de gran beneficio para futuras investigaciones que se efectúen sobre este aspecto.

Por otro lado, en el Cuadro 4.16 se observa que existe una correlación positiva y significativa entre el peso de 1000 semillas y los parámetros de calidad fisiológica evaluados a excepción de emergencia final; lo anterior indica que al seleccionar simientes más pesados se incrementa la germinación y el vigor de plántula, esto corrobora lo señalado por Lafond y Baker (1986).

CONCLUSIONES

1. La madurez fisiológica ocurrió cuando la semilla, de las tres variedades presentó una humedad aproximada de 35 por ciento, etapa que coincidió con la máxima acumulación de peso seco; a partir de este momento disminuyó esta última característica y el contenido de agua de la simiente.
2. El ambiente de producción (fecha de siembra) no afectó significativamente la expresión de los parámetros de calidad física y fisiológica de semilla de trigo.
3. Los genotipos evaluados exhibieron respuestas diferenciales en calidad física y fisiológica; la variedad Aricosta presentó los más altos valores en peso de 1000 semillas, germinación estándar, peso seco de plántula e índice de velocidad de emergencia; en tanto que Pavón fue superior en peso volumétrico, longitud de plúmula y germinación después de envejecimiento acelerado; mientras que Ciano fue mayor en emergencia final.

4. La fecha de cosecha afectó significativamente la calidad física y fisiológica de la semilla de trigo, resultando que al cosechar en madurez fisiológica y siete días después se obtuvieron los mayores valores para peso de 1000 semillas, peso volumétrico, germinación después de envejecimiento acelerado y peso seco de plántula de germinación después de envejecimiento acelerado.

5. Las condiciones climáticas observadas durante la post-maduración afectaron la calidad física y fisiológica de la semilla de trigo, principalmente la precipitación pluvial que se presentó antes de realizar la última cosecha, provocó una notoria disminución de los parámetros estudiados, dicho descenso fue más evidente en Aricosta S-83, en tanto que Pavón F-76 fue más tolerante y Ciano T-79 se comportó en forma intermedia.

6. El índice de deterioro diario acumulado mostró ser un estimador útil para inferir sobre la pérdida de calidad que sufre la semilla en el campo después de madurez fisiológica, ya que se asoció negativa y significativamente con peso volumétrico, germinación estándar, germinación después de envejecimiento acelerado y peso seco de plántula de germinación después de envejecimiento acelerado.

RESUMEN

En nuestro país el trigo constituye uno de los alimentos básicos de la población; ocupa el tercer lugar en importancia en lo que a superficie cultivada se refiere con 1,074,547 hectáreas; de esta extensión, alrededor del 90 por ciento se siembra con semilla certificada; es por esto que resulta necesario generar tecnología tendiente a obtener simientes de la más alta calidad. En la etapa de madurez fisiológica la semilla alcanza su máxima calidad, a partir de este momento empieza a sufrir un proceso de deterioro; asimismo durante el período de postmaduración del cultivo de trigo pueden ocurrir condiciones ambientales adversas tales como alta temperatura y humedad relativa elevada así como la presencia de lluvias, que pueden afectar significativamente las características de excelencia de la simiente. Considerando lo anterior el objetivo del presente trabajo fue determinar la magnitud del deterioro de la semilla de trigo bajo la influencia de diferentes condiciones ambientales en precosecha.

La presente investigación se desarrolló en Buenavista, Coah. en terrenos de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" durante 1990. Los factores en

BANCO DE TESIS

estudio fueron: dos fechas de siembra ocho de enero y 10. de febrero; tres variedades Aricosta, Ciano y Pavón y se realizaron seis cosechas de semilla espaciadas a 7 días a partir de madurez fisiológica, además se efectuó un último corte, para lo cual la simiente permaneció en el campo por un período de tiempo más largo. El diseño experimental fue de bloques completamente al azar con arreglo en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones, donde las fechas de siembra fue la parcela mayor, la media, la variedad y la chica, la fecha de cosecha. Las variables estudiadas fueron sometidas a un análisis de tendencia, usando la técnica de polinomios ortogonales y de correlación.

Los resultados indican que la madurez fisiológica se observó en promedio, cuando la semilla presentó 35 por ciento de humedad; por otro lado, el ambiente de producción (fecha de siembra) no afectó significativamente la calidad de semilla de trigo; asimismo, los genotipos evaluados exhibieron respuestas diferenciales en calidad física y fisiológica.

La más alta calidad física y fisiológica se obtuvo cuando la semilla fue cosechada en madurez fisiológica y siete días después; asimismo, antes de realizar la última cosecha se presentó un período de precipitación, lo cual ocasionó una notoria disminución de los parámetros

evaluados, dicho descenso fue más evidente en Aricosta S-38, en tanto que Pavón F-76 fue más tolerante y Ciano T-79 se comportó en forma intermedia.

El índice de deterioro acumulado mostró ser un estimador útil para inferir sobre la pérdida de calidad que sufre la semilla en el campo después de madurez fisiológica, ya que se asoció negativa y significativamente con peso volumétrico germinación estándar, germinación después de envejecimiento acelerado, peso seco de plántula de envejecimiento acelerado.

LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In: Kozlowski, T.T. (Ed.). Seed biology. Vol. II. Academic Press. New York, USA. p. 283-316.
- Agrawal, P.K. and S. Kaur. 1977. Changes in water, dry matter, starch and sugar in developing wheat seed and their relation to maturity. Seed Sci. and Technol. 5(3):479-488. The Netherlands.
- Aguilar C., J.A. 1989. Efecto de la época de cosecha y del secado natural sobre la calidad fisiológica de la semilla de maíz. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 105 p.
- Andersen, S. y K. Andersen. 1980. Relación existente entre la maduración y el rendimiento de semillas de gramíneas. En: Hebblethwaite, P.D. (Ed.). Producción Moderna de Semillas. Tomo I. Editorial Agropecuaria. Hemisferio Sur. Uruguay. p. 189-213.
- Association of Official Seed Analysts (AOSA). 1983. Seed vigour testing handbook, contribution No. 32 to the handbook on seed testing. USA. 88 p.
- Austenson, H.M. and F.D. Walton. 1970. Relationships between initial seed weight and mature plant characters in spring wheat. Can. J. Plant Sci. 50:53-58. Canada.
- Bishnoi, U.R. 1974. Physiological maturity of seed in *Triticale hexaploid* L. Crop Sci. 14(6):819-821. USA.
- Bohorquez E., J.A., E.P. Duque L. y A. Mendoza O. 1985. Madurez fisiológica de las semillas de cuatro variedades de trigo (*Triticum aestivum* L.). ICA-Infoma 29(3):36-38. Colombia.
- Brooks, E.P. 1959. Climate in everyday life. Ernest Benn. Ltd. London, England. 314 p.

- Bustamante G., L. 1982. Semillas: control y evaluación de su calidad. Memorias del Curso de Actualización Sobre Tecnología de Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y Asociación Mexicana de Semilleros, A.C. México. p. 99-106.
- Caro V., F. de J. 1987. Estudio metodológico para determinar fórmulas óptimas de producción de semilla de maíz de buena calidad. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. p. 80.
- Carvalho, N.M. de E. J. Nakagawa. 1983. Sementes: Ciência, tecnologia e producao. 2 ed. Fundacao Cargill. Brasil. p. 83-106.
- Carvalho, N.M. e K. Yanai. 1976. Maturacao de sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.). Científica 4(1):33-38. Brasil.
- Chan N., M.E., J.C. Molina M. y A. Carballo c. 1985. Influencia del tamaño de la semilla sobre el vigor en sorgo *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Chapingo. 47-49:194-201. México.
- Christensen, J.V. and W.G. Legge. 1984. Effect of harvest time and drying method on the yield quality method on the yield, quality and grade of hard red spring wheat in northwest Alberta. Can. J. Plant Sci. 64(3):617-623. Canada.
- Clarke, J.M. 1981. Effect of harvest time and drying method on quality and grade of irrigated soft white spring wheat. Can. J. Plant Sci. 61(4):803-810. Canada.
- Clarke, J.M. 1983. Time of physiological maturity and post-physiological maturity drying rates in wheat. Crop Sci. 23(6):1203-1205. USA.
- Cloninger, F.D., R.D. Horrocks and M.S. Zuber. 1975. Effects of harvest date, plant density and hybrid on corn grain quality. Agron. J. 67(5):693-695. USA.
- Copeland, L.O. and M.B. McDonald. 1985. Principles of seed science and technology. 2 ed. Burgess Publishing Company. Minneapolis, Minnesota. USA. 321 p.
- Copeland, P.J. and R.K. Crookston. 1985. Visible indicators of physiological maturity in barley. Crop Sci. 25(5):843-847. USA.
- Czarnecki, E. and L.E. Evans. 1986. Effect of weathering during delayed harvest on test weight, seed size

and grain hardness of wheat. *Can. J. Plant Sci.* 66:473-482. Canada.

- Dasgupta, P.R. and H.M. Austenson. 1973. Relations between estimates of seed vigour and field performance in wheat. *Can. J. Plant Sci.* 53(1):43-46.
- Delouche, J.C. 1980. Some thoughts on seed storage. Proc. Short Course for Seedsmen. Mississippi State University. Mississippi State. Mississippi. USA. p. 91-102.
- 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.
- Dodds, M.E. and W.L. Pelton. 1967. Effect of weather factors on the kernel moisture of a standing crop of wheat. *Agron. J.* 59(2):181-184. USA.
- Dodds, M.E., K.E. Bowren, D.A. Dew and D.G. Faris. 1979. The effect of windrowing hard red spring wheat at different stages of maturity at four locations in western Canada. *Can J. Plant Sci.* 59:321-328. Canada.
- Duffus, C. y C. Slaughter. 1985. Las semillas y sus usos. Editorial AGT. México. p. 50, 84-89.
- Eastin, J.D., J.H. Hultquist and C.Y. Sullivan. 1973. Physiologic maturity in grain sorghum. *Crop Sci.* 13(2):175-178. USA.
- Evans, L.T., I.F. Wardlaw and R.A. Fisher. 1975. Wheat. In: Evans, L.T. (Ed.). *Crop Physiology*. Cambridge University Press. Great Britain. p. 101-149.
- Fernández F., P. Gepts y M. López. 1985. Etapas de desarrollo de la planta de frijol. En: López G.M., F. Fernández y A.V. Schoonhoven (Ed.). *Frijol: Investigación y Producción*. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 61-79.
- Fernández S., J. 1985. Glosario de términos usados en semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 11.
- Flores M., J. 1989. Efecto de los factores climáticos sobre la calidad de la semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) después de madurez

fisiológica. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coah., México. 129 p.

- Frey, K.J. and S.C. Wiggans. 1956. Growth rates of oats from different test weight seed lots. *Agron. J.* 48(11):521-523. USA.
- Frey, K.J., E. Ruan and S.C. Wiggans. 1958. Dry weights and germination of developing oat seeds. *Agron. J.* 50(5):248-250. USA.
- Ghaderi, A. and E.H. Everson. 1971. Genotype environment studies of test weight and its components in soft winter wheat. *Crop Sci.* 11(4):617-620. USA.
- Hanft, J.M. and R.D. Wych. 1982. Visual indicators of physiological maturity of hard red spring wheat. *Crop Sci.* 22(3):584-588. USA.
- Harrington, J.F. 1972. Seed storage and longevity. In: Kozlowski, T.T. (Ed.). *Seed biology*. Vol. III. Academic Press. New York. USA. p. 145-245.
- Helmer, J.D. 1980. Seed deterioration. Proc. Short Course for Seedsmen. Mississippi State University. Mississippi State, Mississippi. USA. p. 105-108.
- Housley, T.L., A.W. Kirleis, H.W. Ohm and F.L. Paterson. 1982. Dry matter accumulation in soft red winter wheat seeds. *Crop Sci.* 22(2):290-294.
- Howell, R.W., F.I. Collins and V.E. Sedgwick. 1959. Respiration of soybean seeds as related to weathering losses during ripening. *Agron. J.* 51(11):677-679. USA.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International rules for seed testing. *Seed Sci. and Technol.* 13(2):299-355. The Netherlands.
- Johnson, D.R. and V.D. Luedders. 1974. Effect of planted seed size on emergence and yield of soybeans (*Glycine max* (L.) Merr.). *Agron. J.* 66(1):117-118. USA.
- Johnson, J.W., P.S. Baenziger and W.T. Yamazaki. 1980. Effect of delayed wheat harvest on soft red winter wheat. *Cereal Res. Commun.* 8(3):533-537.
- Justice, O.L. and L.N. Bass. 1978. Principles and practices of seed storage. *Agriculture Handbook No. 506*. Science and Education Administration. United State Department of Agriculture. USA. p. 9-11.

- Kersting, J.F., F.C. Stickler and A.W. Pauli. 1961. Grain sorghum caryopsis development. I. Changes in dry weight, moisture percentage and viability. *Agron. J.* 53(1):36-38. USA.
- Knittle, K.H. and J.S. Burris. 1976. Effect of kernel maturation on subsequent seedling vigour in maize. *Crop Sci.* 16(6):851-855. USA.
- Kulik, M.M., and R.W. Yaklich. 1982. Evaluation of vigour tests in soybean seeds: Relationship of accelerated aging, cold, sand bench and speed of germination tests to field performance. *Crop Sci.* 22:766-770. USA.
- Lafond, G.P., and R.J. Baker. 1986. Effects of genotype and seed size on speed of emergence and seedling vigour in nine spring wheat cultivars. *Crop Sci.* 26:341-345. USA.
- Lee, H.J., G.W. McKee and D.F. Knievel. 1979. Determination of physiological maturity in oat. *Agron. J.* 71(6):931-935. USA.
- Lin, S.S. and F.E.F. de Carvalho. 1980. Effect of harvest date on quality and yield of the final product of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Seed Abstracts* 3(3):90. USA.
- López C., E. 1973. Seed maturation in corn (*Zea mays* L.). Thesis M.S. Mississippi State University, Mississippi State, Mississippi. USA. 60 p.
- Maguire, J. D. 1962. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. *Crop Sci.* 2(2):176-177. USA.
- McDaniel, R.G. 1969. Relationships of seed weight, seedling vigour and mitochondrial metabolism in barley. *Crop Sci.* 9(6):823-827. USA.
- McDonald, M.B., Jr. 1984. Evaluación del vigor de semillas. Memorias del III Curso de Actualización de Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. México. p. 203-221.
- Mendoza O., A. 1985. Causas y consecuencias de la deterioración de las semillas. Curso sobre calidad de semillas y control de enfermedades transmitidas por semilla. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 5 p.

- Miles, D.F., D.M. Tekrony and D.B. Egli. 1988. Changes in viability, germination and respiration of freshly harvested soybean seed during development. *Crop Sci.* 28(4):700-704. USA.
- Milner, M. and J.A. Shellenberger. 1953. Physical properties of weathered wheat in relation to internal fissuring detected radiographically. *Cereal Chem.* 30(3):202-212. USA.
- Miranda, F. 1984a. Deterioro precosecha de semillas. VIII Curso de Postgrado en Tecnología de Semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 42 p.
- _____. 1984b. Madurez fisiológica de semillas. VIII Curso de Postgrado en Tecnología de Semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. p. 13.
- Mitchell, B., C. Armstrong, M. Black y J. Chapman. 1980. Aspectos fisiológicos en la brotación y deterioro de granos de *Triticum aestivum* L. (trigo) en desarrollo. En: Hebblethwaite, P.D. (Ed.). Producción Moderna de Semillas. Tomo II. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. Uruguay. pp. 409-429.
- Mohd-Lassim, M.B. 1976. Comparison of rates of field deterioration of Mack, Dare and Forrest soybean seed. En: Popinigis, F. y C.L. Rosal (Eds.). Coletânea de resumos de teses e dissertacoes sobre sementes. Ministerio de Agricultura. Brasil. pp. 191-194.
- Moss, H.J., N.F. Derera and L.N. Balaam. 1972. Effect of pre-harvest rain on germination in the ear and α -amylase activity of Australian wheat. *Aust. J. Agric. Res.* 23(5):769-777. Australia.
- Nayeem, K.A. and S.V. Deshpande. 1987. Genetic variability and correlation coefficients relating to seed size, seedling vigour and some physico-chemical properties in wheat. *Seed Sci. and Technol.* 15:699-705. The Netherlands.
- Nebreda, I.M. and P.C. Parodi. 1977. Effect of seed type on coleoptile length and weight in triticale X. *tritico-secale* Wittmack. *Cereal Res. Commun.* 5(4):387-395.
- Odiemah, M. and M. Atta. 1985. The quality of winter wheat seed harvested at different times after sowing. *Cereal Res. Commun.* 13(4):379-385.

- * Perry, D.A. 1977. A vigour test for seed of barley (*Hordeum vulgare*) based on measurement of plumule growth. Seed Sci. and Technol. 5(4):709-719. The Netherlands.
- * Perry, D.A. 1981. Handbook of vigour test methods. International Seed Testing Association. Switzerland. 56 p.
- * Pinthus, M.J. and U. Kimel. 1979. Speed of germination as a criterion of seed vigour in soybeans. Crop Sci. 19(2):291-292. USA.
- Pool, M. and F.L. Patterson. 1958. Moisture relations in soft red winter wheats. I. Varietal differences and delayed harvest effects. Agron. J. 50(3):153-157. USA.
- Pool, M., F.L. Patterson and C.E. Bode. 1958. Effect of delayed harvest on quality of soft red winter wheat. Agron. J. 50(5):271-275. USA.
- * Popinigis, F. 1985. Fisiologia da Semente. 2a. ed. Brasil. 269 p.
- Productora Nacional de Semillas (PRONASE). 1982. Descripción de variedades de trigo. México. p. 27, 30.
- * Ram, C. and L.E. Wiesner. 1988. Effects of artificial aging on physiological and biochemical parameters of seed quality in wheat. Seed Sci. and Technol. 16(3):579-587. The Netherlands.
- * Ries, S.K. and E.H. Everson. 1973. Protein content and seed size relationships with seedling vigour of wheat cultivars. Agron. J. 65(6):884-886. USA.
- * Ries, S.K., G. Ayers, V. Wert and E.H. Everson. 1976. Variation in protein, size and seedling vigour with position of seed in heads of winter wheat cultivars. Can. J. Plant Sci. 56(4):823-827. Canada.
- * Rincón S., F. 1989. Deterioro de semillas de maíz y su relación con las condiciones de almacenamiento. Tesis Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 85 p.
- * Rodríguez V., J. y E.A. Espinoza M. 1990. La producción de semillas en México. En: Molina M.J., J.A.

Estrada G., M. Livera M. y V.A. González H. (Eds.). Análisis de la enseñanza, producción e investigación de semillas en México. Sociedad Mexicana de Fitogenética. México. pp. 53-64.

- Salgado P., A. 1989. Influencia del medio ambiente sobre calidad de la semilla de trigo (*Triticum aestivum* L.) durante la postmaduración. Tesis Maestría. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 72 p.
- Scott, G.E., E.G. Heyne and K.F. Finney. 1957. Development of the hard red winter wheat kernel in relation to yield, test weight, moisture content and milling and baking quality. *Agron. J.* 49:509-513. USA.
- Singh, V.P., M. Singh and M.S. Kairon. 1984. Physiological maturity in *aestivum* wheat: Visual determination. *J. Agr. Sci.* 102(2):285-287. Great Britain.
- Sofield, I., I.F. Wardlaw, L.T. Evans and S.Y. Zee. 1977. Nitrogen, phosphorus and water contents during grain development and maturation in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 4(5):799-810. Australia.
- Soplin V., H. 1981. Enfoques al problema del deterioro en el campo. Publicación Miscelánea. Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú. 21 p.
- Steel R., G.D. y J.h. Torrie. 1986. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2a. ed. Editorial Mc Graw Hill. México. 6 p.
- Tekrony, D.M., D.B. Egli and A.D. Phillips. 1980. Effect of field weathering on the viability and vigour of soybean seed. *Agron. J.* 72(5):749-753. USA.
- Tekrony, D.M., D.B. Egli, J. Balles, T. Pfeiffer and R.J. Fellows. 1979. Physiological maturity in soybean. *Agron. J.* 71(5):771-775. USA.
- Thomson, J.R. 1979. An introduction to seed technology. Thomson Litho Ltd. East Kilbride, Scotland. Great Britain. pp. 1-15.
- Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). 1990. Boletín Agrometeorológico. Vol. 18-21. Departamento de Agrometeorología. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Vidales M., A. 1991. Influencia de los factores climáticos

sobre la calidad de la semilla de soya (*Glycine max* (L.) Merr.). Tesis Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

- Zee, S.Y. and T.P. O'Brien. 1970. Studies on the ontogeny of the pigment strand in the caryopsis of wheat. Aust. J. Biol. Sci. 23(6):1153-1171. Australia.