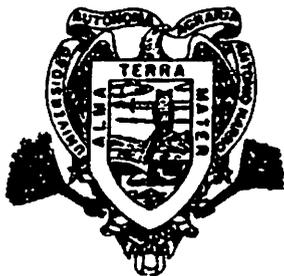


ATRIBUTOS DE CALIDAD EN SEMILLA DE
GENOTIPOS DE TRIGO Y SU RELACION CON EL
ESTABLECIMIENTO EN INVERNADERO

MARIA DEL SOCORRO BAHENA GARCIA

T E S I S

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.

ENERO DE 2003



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

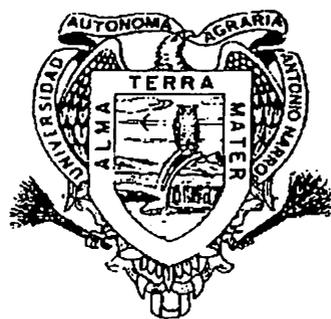
**ATRIBUTOS DE CALIDAD EN SEMILLA DE GENOTIPOS DE
TRIGO Y SU RELACIÓN CON EL ESTABLECIMIENTO EN
INVERNADERO**

MARIA DEL SOCORRO BAHENA GARCIA

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGÍA DE SEMILLAS**



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

Buenavista , Saltillo, Coahuila, México

Enero de 2003



**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

SUBDIRECCION DE POSTGRADO

**ATRIBUTOS DE CALIDAD EN SEMILLA DE GENOTIPOS DE TRIGO Y
SU RELACIÓN CON EL ESTABLECIMIENTO EN INVERNADERO**

TESIS

POR

MARIA DEL SOCORRO BAHENA GARCIA

Elaborada bajo la supervisión del Comité Particular de Asesoría y aprobada como requisito parcial para optar al grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGÍA DE SEMILLAS**

COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:


Ph.D. Norma Angélica Ruiz Torres

Asesor:


MSc. Leticia Alejandra Bustamante García

Asesor:


Dr. Gaspar Martínez Zambrano

Asesor:


Dr. Víctor Manuel Zamora Villa


Dr. Jerónimo Landeros Flores.
Subdirección de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Enero 2003.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" y al personal del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas por haberme brindado la oportunidad de continuar con mi superación profesional.

Al personal de la Sección de Cereales del Departamento Fitomejoramiento por su apoyo y amistad.

A la Ph.D. Norma Ruíz Torres por su valioso apoyo y orientación en la conducción y revisión de este trabajo y por su amistad.

A la MSc. Leticia A. Bustamante García por su valiosa colaboración y revisión de este trabajo.

Al Dr. Gaspar Martínez Zambrano por brindarme su apoyo y por haber proporcionado los materiales genéticos utilizados en esta investigación, así como sus indicaciones en la revisión del documento.

Al Dr. Víctor M. Zamora Villa por su apoyo y colaboración en el análisis estadístico así como sus sugerencias y revisión del documento.

Al Ing. Modesto Colín Rico por darme la oportunidad de estudiar y por su amistad.

Al Dr. Mario E. Vázquez Badillo por su apoyo para que pudiera realizar mi estancia en UNIGRAS, Cuatitlán, Edo. de México. UNAM.

Al personal de UNIGRAS por su apoyo y capacitación en sanidad de semillas especialmente al Dr. Ernesto Moreno y a la M.C. Ma Cristina Pérez.

Al Sr. Juan Salas García por su ayuda en el trabajo de invernadero.

A la Sra. Trinidad Baldenegro por ser una buena compañera y por su amistad.

A la T.A. Francisca Calvillo por su gran apoyo y su amistad.

A Gabriela Recio y Cecilia Burciaga por ser grandes amigas.

A la L.S.C Sandra López por su colaboración en este trabajo.

Al M.C. Luis Miguel Lasso por su grandiosa amistad.

A mis amigos y compañeros Víctor, Ariel, Eduardo y Eliud por su colaboración en la realización de este trabajo.

A todas aquellas personas que participaron directa o indirectamente en el desarrollo de esta investigación.

DEDICATORIA

A **Dios Todopoderoso** por darme la vida y permitirme seguir adelante en el camino de la sabiduría y el amor.

A mis padres **Raymundo y Lucila** por todo su afecto, amor y apoyo que me han brindado a lo largo de toda mi vida.

A mi hermana **Ana Laura y a su esposo Mauro** con mucho cariño.

A mi ahijado **Daniel** por todo su cariño y amor que me ha brindado.

A mis sobrinos **Ana Carolina, Leslie Elizabeth, Jesús Alejandro y César Miguel** con mucho amor.

A mis **tíos y primos** gracias por su amor y cariño.

A todos mis amigos y amigas por su apoyo y desinteresada amistad.

A mis compañeros de generación **Paty, Gaby, Elly, Paco y Erasmo** por haber compartido momentos agradables.

COMPENDIO

Atributos de Calidad en Semilla de Genotipos de Trigo y su Relación con el Establecimiento en Invernadero

POR

MARIA DEL SOCORRO BAHENA GARCIA

MAESTRIA

TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA ENERO DE 2003

P.h. Norma A. Ruíz Torres - Asesor –

Palabras claves: Genotipos, calidad, semilla, vigor, emergencia, atributos, características, trigo, emergencia, imbibición.

Con el objetivo de determinar las características y atributos de calidad de semilla de genotipos de trigo, harineros y duros cosechados en diferentes localidades y ciclos de producción, y contar con información relativa a cada material que permita estimar el potencial de emergencia con el establecimiento del cultivo en invernadero, se

ensayaron dieciocho genotipos de semilla de trigos harineros (doce harineros con el testigo comercial Salamanca S-75 y cuatro duros con el testigo comercial Altar-C-84).

Se evaluaron en pruebas de calidad física (Contenido de humedad, peso volumétrico, peso de mil semillas), pruebas fisiológicas que incluyeron capacidad de germinación y las pruebas de vigor: primer conteo de germinación, vigor de plántulas fuertes, tasa de crecimiento de plántula (peso seco), crecimiento de plántula, potencial de almacenamiento, índice de vigor y tasa de imbibición, así como la calidad sanitaria. Además se evaluaron variables agronómicas en invernadero: número de plántulas emergidas, días a primera hoja, macollos totales y altura, índice de velocidad de emergencia y emergencia total.

En laboratorio los ensayos se establecieron de acuerdo a un diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones. Para las variables evaluadas en laboratorio, y para las variables En invernadero se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para identificar diferencias entre medias para los diferentes genotipos se usó la prueba de rango múltiple DMS (Diferencia mínima significativa). Se utilizó regresión lineal para establecer la relación entre el peso seco de la semilla y el agua acumulada a través de regresión múltiple por medio del procedimiento Stepwise, el cual consistió en incorporar las variables que presentaron de mayor a menor relación con respecto a la variable dependiente.

De acuerdo a la relación con emergencia en invernadero los atributos de calidad para el grupo de trigos harineros que estimaron el potencial de emergencia invernadero son: capacidad de imbibición a las 2 y 6 h, agua total acumulada a las doce horas de la prueba de imbibición, semillas muertas en la prueba de germinación y peso volumétrico.

De acuerdo a la relación con emergencia en invernadero para el grupo de trigos duros los atributos de calidad que estimaron el potencial de emergencia en invernadero son: peso volumétrico, tasa de crecimiento de plántula (peso seco) y agua total acumulada a las 12 h de imbibición.

ABSTRACT

**Seed Quality of Wheat Genotypes and Their Relationship with
Greenhouse Establishment**

BY

MARIA DEL SOCORRO BAHENA GARCIA

MASTER OF SCIENCE

SEED TECHNOLOGY

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, JANUARY 2003

P.h. Norma A. Ruiz Torres - Adviser-

**Key words: Genotypes, wheat seed quality, vigor, greenhouse
establishment, and imbibition.**

The objective of this research was to determine seed quality characteristics and attributes of eighteen wheat genotypes (durum and bread) harvested in two different locations and years and their relationship with greenhouse emergency. The physical tests carried out were: moisture content and volumetric weight.

The physiological tests included: first count of germination, strong seedlings vigor, seedlings growth rate (dry weight), seedlings growth (vigor index), accelerated aging, imbibition rate, and also seed health test.

The agronomic tests in greenhouse were: emerged seedling number, days to first leaf, total productive tillers, plant height, emergence speed index and total emergence.

The analyses of variance of the laboratory variables were made according to a completely randomized design with four replications. The greenhouse variables were analyzed according to a completely randomized block design with four replications. In order to find out differences among genotypes and LSD test (Least Significant Difference) was used. Linear regression was used to establish the relationship between the dry weight of the seed and the accumulated water. Multiple linear regression (Stepwise procedure) was used to establish the relationship between seeds dry weight and accumulated water. It consisted on the incorporation of the variables that displayed relation with the dependent variable.

The quality seed tests that were related with the potential greenhouse emergency for the bread wheats group included: imbibition capacity at two and six h, total accumulated water at 12 h, dead seeds from the germination test, and volumetric weight. On the other hand, for the durum wheats group, the quality attributes that were related with the potential greenhouse emergence were: volumetric weight, seedling growth rate (dry weight) and total water accumulated at twelve h.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xii
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	5
CALIDAD DE LA SEMILLA.....	5
GERMINACION.....	7
VIGOR DE LA SEMILLA.....	9
MATERIALES Y METODOS.....	21
MATERIAL GENETICO.....	22
RESULTADOS Y DISCUSION.....	33
CONCLUSIONES.....	68
RESUMEN.....	70
LITERATURA CITADA.....	73
APENDICE.....	78

INDICE DE CUADROS

Cuadro Nº	Descripción	Página
3.1	Genotipos de trigo evaluado para características y atributos de calidad.....	22
4.1	Cuadrados medios y significancia de las variables físicas de semilla evaluadas genotipos de trigo	33
4.2	Comparación de medias para las variables físicas evaluadas en genotipos de trigo.....	34
4.3.	Cuadrados medios y su significancia estadística de las variables fisiológicas evaluadas en genotipos de trigo.....	37
4.4	Cuadrados medios y su significancia estadística de las variables fisiológicas evaluadas en genotipos de trigo.....	37
4.5	En el Cuadro 4.5 Comparación de medias para las variables fisiológicas evaluadas en genotipos de trigo.....	38
4.6.	Comparación de medias en las variables fisiológicas evaluadas en genotipos de trigo.....	39
4.7	Cuadrados medios y significancia estadística para las variables evaluadas en la prueba de imbibición.....	45
4.8	Resultados de la comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba de imbibición (Agua acumulada) en genotipos de trigo.....	46
4.9	Análisis de regresión lineal de agua absorbida por semilla de trigo, sobre el peso de semilla.....	50
4.10	Resultados del ANVA para la variable tasa de imbibición evaluada a diferentes tiempos en genotipos de trigo.....	51
4.11	Comparación de medias para la variable tasa de imbibición evaluada en genotipos de trigo.....	52
4.12	Cuadrados medios y significancia estadística de la variables de sanidad evaluadas en genotipos de trigo en medio de cultivo malta sal agar (MSA).....	55
4.13	Resultados de la comparación de medias para los patógenos detectados en la prueba de sanidad en genotipos trigo en medio de cultivo malta sal agar (MSA).....	56
4.14	Cuadrados medios y significancia estadística para las variables sanitarias evaluadas en genotipos de trigo en medio de cultivo Papa dextrosa agar (PDA).....	58
4.15	Comparación de medias en los patógenos detectados en la prueba sanitaria en genotipos de trigo en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA).....	59
4.16	Cuadrados medios y significancia estadística para las variables agronómicas evaluadas en invernadero en genotipos de trigo...	61
4.17	Resultados de la comparación de medias para las variables agronómicas en genotipos de trigo en invernadero.....	62
4.18	Resultados del análisis de regresión múltiple para genotipos de trigos harineros.....	65
4.19	Resultados del análisis de regresión múltiple evaluadas en genotipos de trigos duros.....	66

INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia alimenticia del trigo en México, su cultivo no ha adquirido un progreso tecnológico comparable al de otros países como Estados Unidos, Canadá y algunos países de Europa. En México un buen número de agricultores usualmente se dedican a este cultivo, y emplean año con año la semilla producida por ellos, obteniendo como resultado bajos rendimientos y además una alta ocurrencia de enfermedades, plagas y malezas. Así mismo en muchos casos se observa un uso irracional de semilla al utilizar densidades de siembra superiores a las requeridas, como una forma de asegurar poblaciones altas, buscando abatir problemas de emergencia y uniformidad del cultivo que se presentan por características y condición de las semillas utilizadas.

Los fitomejoradores dedicados a esta gramínea han realizado extraordinarios esfuerzos para generar nuevos genotipos que resistan enfermedades y que tengan buenos atributos de calidad de semilla de tal forma que existe, para cada una de las regiones trigueras del país, un conjunto de nuevas variedades recomendadas. Las siembras para el trigo comercial de consumo (grano), constituyen en la actualidad una fuente de semilla, la cual con frecuencia no cumple con todos los requisitos de una semilla certificada de alta calidad. Además, la diversidad existente en las preferencias por tipo, color, tamaño del grano aunado a la presencia de enfermedades en cada localidad, han sido obstáculos para el establecimiento de programas de mejoramiento y producción de semillas de trigos altamente eficientes.

INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia alimenticia del trigo en México, su cultivo no ha adquirido un progreso tecnológico comparable al de otros países como Estados Unidos, Canadá y algunos países de Europa. En México un buen número de agricultores usualmente se dedican a este cultivo, y emplean año con año la semilla producida por ellos, obteniendo como resultado bajos rendimientos y además una alta ocurrencia de enfermedades, plagas y malezas. Así mismo en muchos casos se observa un uso irracional de semilla al utilizar densidades de siembra superiores a las requeridas, como una forma de asegurar poblaciones altas, buscando abatir problemas de emergencia y uniformidad del cultivo que se presentan por características y condición de las semillas utilizadas.

Los fitomejoradores dedicados a esta gramínea han realizado extraordinarios esfuerzos para generar nuevos genotipos que resistan enfermedades y que tengan buenos atributos de calidad de semilla de tal forma que existe, para cada una de las regiones trigueras del país, un conjunto de nuevas variedades recomendadas. Las siembras para el trigo comercial de consumo (grano), constituyen en la actualidad una fuente de semilla, la cual con frecuencia no cumple con todos los requisitos de una semilla certificada de alta calidad. Además, la diversidad existente en las preferencias por tipo, color, tamaño del grano aunado a la presencia de enfermedades en cada localidad, han sido obstáculos para el establecimiento de programas de mejoramiento y producción de semillas de trigos altamente eficientes.

En la agricultura moderna para la generación de nuevas variedades se hace indispensable obtener mayor información concerniente a la calidad de la semilla, para conocer su capacidad fisiológica y germinativa para el establecimiento del cultivo, lo

que requiere que dentro del eslabón de generación de nuevas variedades se incorpore lo correspondiente al mejoramiento de atributos de calidad de las mismas, con la finalidad de que se recomienden las nuevas variedades en la forma más adecuada.

La calidad de semilla está dada por características y atributos dentro de los componentes genético, fisiológico, físico y sanitario. Dentro de estos el fisiológico permite a la semilla cumplir su rol de establecimiento del cultivo, y es afectado en gran medida por factores de calidad de los demás componentes. De esta manera, la germinación y vigor que determinan el establecimiento en campo son influenciados por características genéticas, físicas y sanitarias.

La información adicional de las características de calidad de cada variedad, puede ser un auxiliar en la descripción de las variedades mejoradas de trigo y además, permite involucrar este tipo de información en los programas de mejoramiento genético, lo que haría posible la discriminación eficiente de genotipos que presenten deficiencia en las características de una semilla de calidad. La calidad de la semilla puede ser evaluada en pruebas de laboratorio para caracterizar y calificar el nivel de calidad de las diferentes variedades y orientar de esta manera su uso.

Actualmente muchos de los programas de mejoramiento y producción de semilla, no toman en cuenta las características y atributos de la semilla, como parte de los criterios de selección en materiales sobresalientes, por lo que resulta de vital importancia, investigar cuales tienen mayor peso para ser utilizados en la selección de genotipos. Asimismo es importante determinar el comportamiento de los genotipos en su establecimiento y producción.

Por lo anterior, es necesario cuantificar las características y atributos de calidad de genotipos de trigo, y determinar la relación de estos con el potencial de emergencia de los materiales, información que permitirá conocer la calidad del germoplasma en el Programa de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). La información generada servirá para que los genotipos sobresalientes sean utilizados en la obtención de materiales superiores y las variedades que se liberen incluyan información amplia de calidad para su uso en la producción de la semilla. Así mismo los nuevos materiales que genere el Programa de Cereales de la UAAAN deberán ser con atributos de calidad conocida y con énfasis en vigor, que le permitan funcionar con mayor eficiencia en campo, por lo que en el presente trabajo se planteó el siguiente objetivo.

OBJETIVO

Determinar las características y atributos de calidad de semilla en genotipos de trigos harineros y duros que permitan, estimar el potencial de emergencia y establecimiento del cultivo.

HIPOTESIS

- Los genotipos de trigos harineros y duros presentan diferencias en características y atributos de calidad de semilla.
- La semilla proveniente de diferentes localidades y ciclos de producción difiere en atributos de calidad.
- Existe relación entre las variables evaluadas en laboratorio y el establecimiento en invernadero.
- La velocidad de imbibición influye en el establecimiento en invernadero.

REVISION DE LITERATURA

Las semillas para siembra son el insumo estratégico y el componente mayor de la agricultura. Su función es reproducir plantas para asegurar cultivos y contribuir en la producción de alimentos, para ello como organismos vivos requieren de prácticas y cuidados especiales durante su producción, lo que determina su nivel de funcionamiento en el establecimiento y producción de cultivos (Bustamante, 1995).

El trigo, esta representado por dos especies monocotiledóneas las cuales son de crecimiento anual y pertenecen a la familia de las gramíneas (poáceas). El trigo duro o cristalino (*Triticum durum*) se destina fundamentalmente a la obtención de semolina para la fabricación de pastas y fideos y el trigo harinero (*Triticum aestivum*) se utiliza básicamente en la producción de harina para pan, galletas y repostería (Hernández, 1987).

El trigo ocupa el primer lugar entre los cuatro cereales de mayor producción mundial (trigo, arroz, maíz y cebada) ya que la superficie que se destina a su producción, es aproximadamente 240 millones de hectáreas (Hanson *et al.*, 1985).

Debido a que este cereal constituye un consumo importante para la humanidad, y que presenta un rango amplio de adaptación, su producción se ubica en lugares de clima templado y frío. Por su hábito de desarrollo el trigo se puede diferenciar en trigo de invierno y trigo de primavera (Robles, 1990).

El objetivo del mejoramiento es encontrar plantas o poblaciones de plantas que tengan características mejores que las ya existentes, relacionados al rendimiento, resistencia a enfermedades y sequía, etc., buscando siempre obtener resultados superiores con nuevas variedades (Padilla, 1982).

Es necesario que el mejorador obtenga cultivares de dos tipos: cultivares que manteniendo una calidad aceptable sean capaces de producir altos rendimientos con alta aplicación de fertilizantes, mejora de los métodos de cultivo y bajo un sistema de riego y cultivares que den rendimientos superiores siguiendo los métodos tradicionales de cultivo, esto es cultivares para alta y baja tecnología (Thomson, 1979).

Al considerar una población o variedad, el fenotipo de cada planta dependerá de la constitución genética y los efectos ambientales que lo determinan, de manera que al cambiar uno ó ambos efectos, los fenotipos cambiarán produciendo las variaciones entre plantas (Perry, 1987).

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).

Si definimos calidad como un "grado o patrón de excelencia", entonces la calidad de semillas puede ser vista como un nivel de excelencia en ciertos atributos que va a determinar el desempeño de la semilla en la siembra o en el almacén. En la práctica, la expresión "calidad de semillas" es utilizada libremente, para reflejar el valor de la semilla para propósitos específicos; el desempeño de la semilla debe estar a la altura de las expectativas del agricultor (Scade, 1975).

La calidad de las semillas es un concepto múltiple que comprende diversos componentes, a pesar de que para muchos agricultores semilla de calidad es aquella que germina y está libre de especies invasoras no deseables. Este concepto se refleja en el hecho de que para muchos laboratorios de análisis de semillas, entre 80 y 90 por ciento de todos los análisis solicitados son de pureza y germinación. Sin embargo existen otros componentes de la calidad de semillas que pueden ser agrupados en tres categorías: el genético que incluye la descripción de variedad, y pureza varietal, el sanitario, que se refiere a la contaminación con invasoras nocivas, presencia de

microorganismos patógenos, e insectos y ácaros; y el fisiológico que define el potencial de funcionamiento, e incluye la germinación, vigor, emergencia y uniformidad en campo (Thomson, 1979).

De acuerdo a Popinigis (1985), la calidad de la semilla es la suma de todos los atributos genéticos, sanitarios, físicos y fisiológicos. El componente genético, comprende la calidad que obtiene el fitomejorador, es decir, un material genético de características sobresalientes la cual esta determinada por el genotipo de la variedad o híbrido. El componente fisiológico se refiere a la viabilidad, germinación y vigor de las semillas que según su nivel les permita cumplir su papel o función biológica, al asegurar la propagación de su especie y de esta manera el establecimiento de cultivos. El componente sanitario, indica la condición de la semilla en cuanto a la presencia o ausencia de microorganismos patógenos e insectos, hongos bacterias, y virus ya que los patógenos llevados en la semilla afectan directa o indirectamente la calidad de las semillas y son capaces de reducir la productividad de los cultivos (Copeland y McDonald ,1985).

La calidad física comprende los aspectos como pureza analítica, contenido de humedad, tamaño, peso y color de la semilla. La pureza analítica nos indica el grado de contaminación con semillas extrañas y material inerte. El contenido de humedad es un factor de interés, ya que puede afectar la calidad fisiológica de la semilla durante su almacenamiento (Sayers, 1982).

El tamaño y peso son indicadores de la excelencia de la semilla, ya que un cultivo sujeto a condiciones ambientales adversas presentará una disminución en su peso volumétrico o en el peso de mil 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).

Durante su producción, una vez alcanzada la madurez fisiológica de la semilla, su calidad declina gradualmente lo cual se conoce como deterioro o envejecimiento y éste, no puede retrasarse o detenerse pero si controlarse (Baskin, 1987).

De acuerdo a Moreno (1996) entre los factores que afectan la viabilidad de las semillas se pueden citar: el genotipo, el medio ambiente, la nutrición de la planta, el estado de madurez al momento de cosecha, tamaño, peso volumétrico, daño físico, deterioro y envejecimiento, tiempo de almacenamiento y patógenos presentes en la semilla.

Factores de calidad que afectan el establecimiento del cultivo

Germinación

La germinación se define como la reanudación del crecimiento activo de la semilla, donde el desarrollo de la radícula y plúmula se inicia cuando la semilla es puesta bajo condiciones adecuadas para ello (Copeland y McDonald, 1985). ✓

En un ensayo de laboratorio, se define la germinación como la emergencia y desarrollo a partir del embrión de la semilla, de aquellas estructuras esenciales, las cuales indican que la semilla que se está ensayando tiene la capacidad para desarrollarse en planta normal bajo condiciones favorables en el suelo (ISTA, 1996) ✓

La germinación se expresa como el porcentaje de semilla pura que produce plantitas normales. No se consideran como germinadas aquellas plantas rotas, malformadas o claramente anormales (Moreno, 1996).

Los ensayos de germinación son el medio más objetivo para predecir y evaluar el potencial de germinación de una semilla, el cual es muy importante en el mercado de semillas. Además estas pruebas proporcionan una valiosa información sobre la capacidad fisiológica, bajo condiciones favorables pero que raramente se encuentran en el campo.

De acuerdo a Copeland y McDonald (1985) la germinación de semillas ha llegado a ser el criterio aceptado universalmente para definir la calidad de la semilla. El ensayo de germinación igualmente es la prueba aceptada para determinar el poder germinativo o viabilidad de las semillas, conceptos que por muchos son considerados iguales. A pesar de su aceptación, el ensayo de germinación es una estimación y tiene ciertas limitaciones, como el uso de condiciones favorables óptimas de laboratorio, que no permiten estimar el deterioro en las semillas más objetivamente, es decir diferentes niveles de deterioro de la semilla. Sin embargo, si estas limitaciones son reconocidas, la prueba de germinación puede ser útil para la estimación del índice de viabilidad, para lo que deben seguirse métodos estándares que permitan la confiabilidad de los resultados (ISTA, 1996).

De esta manera la capacidad de germinación es el ensayo de rutina para determinar la calidad fisiológica, y corresponde al porcentaje en número de semilla pura que produce plántulas normales en el laboratorio. Indica el potencial de un lote de semilla para establecer plántulas en condiciones favorables de campo (Copeland y McDonald, 1985).

El objetivo del ensayo de germinación es obtener información con respecto a la capacidad de las semillas para producir plántulas normales. Información que permite hacer comparaciones de diferentes lotes de semilla de la misma especie (ISTA, 1996).

En semilla recién cosechada, un resultado de germinación que se encuentra en una calificación por debajo de la satisfactoria (90% en trigo) significa que existe deterioro en la semilla, y puede ser un indicador claro que el comportamiento del lote de semilla será deficiente (Thomson, 1979).

La prueba de germinación a pesar de ser la más utilizada en las pruebas de rutina resulta poco útil para estimar la emergencia de plántulas en campo, debido a que el vigor de la semilla durante la germinación y emergencia no es completamente

detectado por esta prueba, y requiriéndose de esta manera pruebas especiales para estimar el nivel de funcionamiento esperado en campo (AOSA, 1983), ya que, incluso en los lotes de semilla de alta germinación, estos ensayos por sí solos no arrojan información suficiente sobre el probable comportamiento en el campo. Sin embargo, no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible controlar la mayoría de las condiciones externas.

La prueba de germinación permite obtener resultados uniformes y rápidos en muestras de semillas de un lote determinado. Pero estos resultados raramente serán los encontrados en campo y la discrepancia entre la germinación en el laboratorio y la emergencia puede ser variable dependiendo de las condiciones encontradas (Echandi, 1978). Por ello, bajo condiciones de campo normalmente la prueba de germinación proporciona resultados que no son satisfactorios y no se obtiene confiabilidad y repetitibilidad, y es necesario evaluar el nivel de funcionamiento esperado en campo (Delouche, 1973).

Vigor de la Semilla

Las semillas que son capaces de extender la raíz durante la germinación pueden no tener el vigor para establecer una plántula bajo condiciones de campo. El vigor es por lo tanto un indicador de la calidad de la semilla. Denota la completa habilidad de las semillas para funcionar bien bajo condiciones de campo (Bustamante, 1995).

Debido a la falta de correlación entre el porcentaje de germinación en el laboratorio y la emergencia en campo, el vigor de semillas surge como una propiedad adicional de calidad, el cual debe ser evaluado si se quiere conocer el potencial de emergencia y establecimiento que se espera de un lote de semilla.

Nobbe (1876) observó que la velocidad de germinación y crecimiento de plántulas variaba dentro de lote y entre lotes de semilla, a este fenómeno le dió el

detectado por esta prueba, y requiriéndose de esta manera pruebas especiales para estimar el nivel de funcionamiento esperado en campo (AOSA, 1983), ya que, incluso en los lotes de semilla de alta germinación, estos ensayos por sí solos no arrojan información suficiente sobre el probable comportamiento en el campo. Sin embargo, no es satisfactorio probar la germinación bajo condiciones de campo, ya que no es posible controlar la mayoría de las condiciones externas.

La prueba de germinación permite obtener resultados uniformes y rápidos en muestras de semillas de un lote determinado. Pero estos resultados raramente serán los encontrados en campo y la discrepancia entre la germinación en el laboratorio y la emergencia puede ser variable dependiendo de las condiciones encontradas (Echandi, 1978). Por ello, bajo condiciones de campo normalmente la prueba de germinación proporciona resultados que no son satisfactorios y no se obtiene confiabilidad y repetitibilidad, y es necesario evaluar el nivel de funcionamiento esperado en campo (Delouche, 1973).

Vigor de la Semilla

Las semillas que son capaces de extender la raíz durante la germinación pueden no tener el vigor para establecer una plántula bajo condiciones de campo. El vigor es por lo tanto un indicador de la calidad de la semilla. Denota la completa habilidad de las semillas para funcionar bien bajo condiciones de campo (Bustamante, 1995).

Debido a la falta de correlación entre el porcentaje de germinación en el laboratorio y la emergencia en campo, el vigor de semillas surge como una propiedad adicional de calidad, el cual debe ser evaluado si se quiere conocer el potencial de emergencia y establecimiento que se espera de un lote de semilla.

Nobbe observó que la velocidad de germinación y crecimiento de plántulas variaba dentro de lote y entre lotes de semilla, a este fenómeno le dió el nombre de

Triebkraft (literalmente fuerza conductora), energía de germinación, vitalidad, no obstante el término que ha predominado en los últimos años ha sido el vigor de la semilla (AOSA, 1983).

El vigor de la semilla es la suma total de aquellas propiedades de la misma, que determinan el nivel de la actividad y comportamiento de la semilla o del lote de semillas durante su germinación y emergencia de plántula (ISTA, 1996).

Por otro lado la AOSA (1983) señala que el vigor es la suma total de propiedades de la semilla que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo.

Miranda (1984) menciona que el vigor máximo se logra cuando la semilla alcanza su madurez fisiológica en la planta, y es el punto donde se logran el peso seco máximo, el más alto vigor y viabilidad de la semilla, y a partir del cual como lo señala (Copeland y Mc Donald, 1985) la pérdida de vigor precede a la pérdida de germinación y viabilidad. Por lo que las semillas de buen comportamiento se denominarán de alto vigor y aquéllas de pobre comportamiento serán consideradas semillas de bajo vigor (Perry, 1987).

Conocer el vigor de las semillas es importante porque permite estimar el comportamiento de un lote de semillas cuando las condiciones del medio ambiente no son favorables para la germinación y emergencia, así como comparar el potencial biológico de lotes de semillas con porcentajes de germinación similares y también para tomar decisiones sobre el tiempo de almacenaje al que pueden someterse las semillas, por lo que el vigor y la longevidad se encuentran altamente correlacionados (Jara, 1993).

Por su parte Moreno (1996) menciona que el vigor de las semillas agrícolas ha sido de interés entre productores y usuarios, ya que si bien la calidad está determinada

principalmente por la germinación y el establecimiento de las plántulas en el campo, estas dependen en gran medida del vigor de la semilla. De ahí el interés para evaluar este parámetro de calidad mediante pruebas cuyos resultados estén altamente correlacionados con el comportamiento de las semillas en el campo.

Con relación al tema, Lees (1980) cita que dos compañías semilleras inglesas al utilizar semilla de trigo de bajo vigor con índice de germinación del 97 por ciento y de alto vigor, con 94 por ciento, observaron en el campo que las semillas de bajo vigor disminuyeron en 22 por ciento su germinación. En otro ensayo sembraron cuatro lotes de semilla de trigo de la misma variedad todos con índices de germinación de 85 por ciento, los tres primeros lotes con bajo vigor tuvieron 30 por ciento menos de germinación que los lotes de alto vigor.

Factores que influyen en el vigor de las semillas.

Normalmente el agrónomo y el analista no conocen todo el historial de los lotes de semillas bajo análisis, desconociendo así las posibles razones que causan las diferencias en vigor (Perry, 1977).

Andrews (1978) señala que el vigor de la semilla es altamente complejo, a nivel bioquímico incluye la energía y el metabolismo biosintético, coordinación de las actividades, transporte y utilización de reservas. Así mismo, Kovar (1987) menciona que el vigor esta dado por el ritmo de procesos metabólicos en la semilla. Mientras que Perry (1987) señala que los factores que causan cambios en el nivel de vigor de las semillas incluyen su constitución genética, condiciones ambientales y nutrición de la planta madre, estado de madurez en la cosecha, tamaño de la semilla, peso y densidad, integridad mecánica, deterioro y envejecimiento así como el daño por patógenos.

Kovar (1987) observó que las diferencias en vigor de la semilla durante la germinación dependen de la exposición de las plantas madre a condiciones de estrés

durante y particularmente al final de su desarrollo, con un balance favorable de temperatura y precipitación con una humedad adecuada del suelo. La calidad de la cosecha bajo estrés fue mejor en cultivos que crecieron de semillas de alto vigor.

Perry (1987) cita los procesos que influyen en el comportamiento de la semilla, los cuales pueden presentar variaciones asociadas con diferencias en el vigor de la semilla, dentro de estos están: los procesos bioquímicos, durante la germinación y reacciones enzimáticas y actividad respiratoria. La tasa y uniformidad de germinación de la semilla y crecimiento de plántula, en el campo. Habilidad de emergencia de plántula bajo condiciones no favorables. Así mismo mencionan que los efectos del nivel del vigor pueden persistir para influir en el desarrollo de la planta, uniformidad del cultivo y en el rendimiento.

Después de alcanzar el máximo valor el vigor de las semillas empieza a decaer con una velocidad que depende del genotipo y de las condiciones de almacenamiento poscosecha, tal pérdida de vigor trae consigo una serie de problemas, que se manifiestan en la germinación y la emergencia de plántulas en el campo (Maguire, 1977). Por ello, el objetivo de una prueba de vigor es identificar lotes de semillas que tengan capacidad de una rápida y uniforme emergencia de plántulas en el campo y una habilidad de emergencia en condiciones ambientales no favorables (Perry, 1987). Por lo que, las características medidas en el laboratorio se comparan con su comportamiento en el campo. Uno de los primeros ensayos fue el primer conteo de germinación en la prueba estándar; y se ha utilizado también la velocidad de crecimiento de plántula (Perry, 1987).

El comité de pruebas de vigor de la ISTA considera las siguientes pruebas específicas: crecimiento de plántula (cereales y remolacha), Prueba de Hiltner (cereales y betabel) y envejecimiento acelerado (soya, trigo y otros) (Perry, 1987).

Primer Conteo de Germinación

Entre los usos prácticos de las pruebas de vigor está su uso en los programas de mejoramiento, para desarrollar o seleccionar variedades con un mejor funcionamiento de la semilla. El primer conteo, ha sido muy usado como un índice de la energía de germinación, inicialmente llegó a ser primero un conteo de aclareo para facilitar el conteo final. El primer conteo es una evaluación que se hace en la prueba de germinación, es considerada como el vigor, ya que una rápida y uniforme germinación es un componente del vigor de la semilla. El número de plántulas normales del primer conteo representa, la población de semillas que germinan rápido, y por ello funciona como una medida de vigor (AOSA, 1983).

El primer conteo de germinación es considerado como uno de los primeros ensayos para estimar el vigor de la semilla; aún cuando este no sea confiable debido a las dificultades de normalización, estas pueden ser superadas si se controlan las condiciones cuidadosamente (AOSA, 1983).

Chalam *et al.* (1967) mencionan que en el primer conteo se consideran plántulas normales aquéllas que tienen capacidad para continuar el desarrollo de plantas normales y deben tener un crecimiento simétrico. Por su parte Andrews (1978) menciona que el vigor de la semilla al nivel de germinación incluye la velocidad y germinación total.

Tasa de Crecimiento de Plántula

El principio de esta prueba es la evaluación objetiva de las diferencias en la tasa de crecimiento por medio del peso seco de plántulas, la cual debe ser reproducible y exacta.

Moreno (1996) señala que esta prueba se desarrolló con la finalidad de facilitar la clasificación de las plántulas débiles y vigorosas debido a que la observación visual de las diferencias entre éstas es subjetiva, por lo que está sujeta a variación que

depende de la interpretación del analista. Al respecto Martínez (1989) observó que el peso seco de plántulas como prueba de vigor resultó ser más sensible que la prueba de germinación estándar para evaluar la calidad fisiológica de semilla de maíz.

Por su parte Odiemah (1987) al evaluar dos cultivares de trigo de invierno, encontró significancia para peso seco y vigor de lotes. Para peso seco registró: testigo 1.200 g, lote 1983 (1.000 g), lote 1982 (0.800 g), lote 1981 (0.600 g), lote 1980 (0.500 g) y lote 1979 (0.500 g). Así mismo Steiner *et al.* (1989) encontraron alta correlación entre las pruebas de peso seco y longitud de raíz de plántula, lo cual indicó que la medida de crecimiento de plántula individual puede ser efectiva como indicadora de emergencia de plántulas de trigo en campo.

Crecimiento de Plántula

La longitud media de plúmula obtenida al final de un período y comparado con un valor testigo de alto vigor permite calificar el vigor de diferentes lotes. En el ensayo que es prácticamente una prueba de germinación la medida del crecimiento de la plúmula es el criterio de vigor a observar (Perry, 1987).

Es una prueba aplicable a especies que presentan plántulas con plúmula recta como la de los cereales (cebada, trigo, maíz, etc.), en las cuales el vigor de sus semillas es determinado por el vigor y longitud de sus plúmulas.

Por su parte Odiemah (1987) encontró diferencia significativa entre lotes de dos cultivares de trigo para longitud de plúmula y vigor; en diez plántulas normales tomadas al azar las longitudes fueron en cm fueron: testigo (15.8), 1983 (15.7), 1982 (14.1), 1981 (12.0), 1980 (11.9) y 1979 (8.5), y las categorizó como vigorosas a las que tenían al menos 4 cm de coleóptilo.

Envejecimiento Acelerado

La prueba fundamentalmente se basa en la exposición de pequeñas muestras de semillas (200) las dos condiciones que contribuyen a un rápido deterioro, es decir a

condiciones adversas de temperatura 40 - 45 °C y humedad relativa arriba de 90 por ciento por períodos cortos de tiempo (48 h o más dependiendo de la especie) (Delouche y Baskin, 1976). Así, el someter las semillas a alta temperatura y alta humedad relativa durante diferentes períodos de tiempo, es posible estimar su resistencia al deterioro al reducir la germinación con respecto al potencial fisiológico inicial de las mismas y relacionar su germinación después del envejecimiento con emergencia en campo bajo un amplio rango de condiciones ambientales.

Por su parte Amaral (1983) señala que el vigor de la semilla relacionado a condiciones de campo, determina de manera más precisa cuando estas son sometidas a temperaturas de 42 a 45°C y 100 por ciento de humedad relativa (HR) durante 48 hasta 144 h según la especie antes de la prueba de germinación, y el tiempo que determinó para trigo fue de 48 h a 45°C.

La prueba también fue evaluada en semillas de trigo, en éstas, Filipenko (1983) observó que condiciones de 30°C y 75 por ciento de HR permitieron detectar cambios en la energía germinativa, el por ciento de germinación y la tasa de respiración de las semillas, las cuales disminuyeron en forma rápida a partir de la semana 11 en adelante. Mientras que Curiova y Vlasak (1984) en semillas de tres cultivares de *T. durum*, dieciséis invernales y cinco primaverales de *T. aestivum* almacenados a 45 °C y 95 por ciento más de 168 h, observaron que todos los trigos de primavera y dos de invierno retuvieron su germinación sobre 80 por ciento y los trigos duros de 42 a 51.5 por ciento.

Imbibición de agua por semillas

Bidwell (1979) define la imbibición de la semilla como un mecanismo de actuación de procesos bioquímicos, la cual está aplicada en la absorción del agua

mediante el movimiento de ésta, de un área de alto potencial hídrico, a otra de bajo potencial.

La velocidad de imbibición de la semilla es afectada por la especie, permeabilidad de la cubierta, temperatura, área de contacto, composición química y condición fisiológica, agua y presión hidrostática, (Popinigis, 1985). Mientras que la cantidad de agua absorbida durante la imbibición es generalmente pequeña y no excede de 2 a 3 veces el peso seco de la semilla (Bewley y Black, 1984).

En semillas de trigo la mayor cantidad de agua absorbida ocurre en las primeras cuatro horas de contacto con el agua, con la máxima tasa de imbibición a las dos horas, lo cual puede ser crítico para el inicio de la germinación y el establecimiento del cultivo (Alcocer, 2000)

En un estudio con semilla de avena silvestre (*A. fatua* L.) se encontró que la germinación inició 24 h después de la imbibición y alcanzó 100 por ciento a las 48 h (Murdock y Foley, 1992).

Emergencia en Campo

El comportamiento de un lote de semilla en el campo depende de factores tales como la humedad del suelo, profundidad de siembra, ataque de plagas y enfermedades y de características inherentes a la semilla como tamaño y calidad en general (Perry, 1981)

Un ensayo de vigor no siempre predice el porcentaje de plántulas que emergerán en el campo a partir de una densidad de siembra, ya que depende de las condiciones climatológicas y edáficas después de la siembra, las cuales no se pueden predecir. Cuando las condiciones son adversas, solo emergerán unas cuantas plántulas, menor al vigor del lote de semillas. Al contrario cuando las condiciones son

favorables la emergencia se encuentra correlacionada con la germinación, y la prueba de vigor no presentaría ventaja alguna (Perry, 1987).

Fokarnov y Akmanov (1983) observaron que la germinación en laboratorio de semillas de trigo de invierno, cebada y centeno por tres años fue de 15.8, 19.9 y 23.3 por ciento que la emergencia en campo, y la variación así como las disminuciones en la emergencia en campo no fueron proporcionales sino más grandes que en el laboratorio en los diferentes años.

En un estudio de la eficiencia de diversas pruebas de vigor para evaluar la calidad fisiológica de maíz (*Zea mays* L.) y su relación con la emergencia en campo, se realizaron pruebas de germinación, primer conteo, longitud de plúmula, envejecimiento acelerado y la emergencia en invernadero. Se encontró que el primer conteo y la longitud media de plúmula no fueron eficientes para diferenciar niveles de calidad ni para predecir la emergencia en campo (Molina, 1992).

Sanidad

A pesar de que no se ha establecido la correlación exacta entre la presencia de diversos patógenos de semillas y sus efectos sobre la calidad física y fisiológica de las semillas, en algunos casos bajos niveles de infección, pueden causar pérdidas de rendimiento del 50 por ciento o más. Asimismo, las semillas constituyen una de las más importantes fuentes de diseminación, sobrevivencia y continuidad de los patógenos de una generación a otra (Christensen y Kaufmann, 1974).

La mayoría de los patógenos que afectan la parte aérea de las plantas de trigo, infectan la semilla y pueden ser visibles o llevados en forma sistémica y ocasionan "fallas" en la germinación e implantación del cultivo, por ejemplo, los hongos causales de "manchas foliares" y "carbones". Las enfermedades transmitidas por semilla causan pérdidas del rendimiento por la reducción del número y peso de granos y por la disminución de la calidad comercial.

La mayoría de hongos, bacterias y virus patógenos se transmiten en o con las semillas usadas por los agricultores para siembra; estos patógenos pueden sobrevivir como epífitas en el desarrollo de la planta, esperando en condiciones ambientales favorables para la infección durante la fenología del cultivo. Estos patógenos pueden infectar la semilla en almacén, durante la emergencia, el vigor de las semillas y las plantas en el campo (Christensen, 1972).

Por otra parte, los microorganismos de semillas reducen la calidad del grano en almacén causando reducción en tamaño, distorsiones, semillas arrugadas, decoloradas y manchadas (Sinclair, 1995).

Estos signos y síntomas patogénicos son bastante comunes en las semillas, las cuales son definidas en términos fitopatológicos por Sinclair (1979) como un microcosmos de microbios, con el potencial para llevar una amplia variedad de hongos, bacterias, virus y nematodos los cuáles pueden causar enfermedades en semillas o plantas.

Copeland y Mc Donald (1985) mencionan que en muchas partes del mundo, las pruebas para detectar las enfermedades en las semillas, son una parte integral de la rutina de inspección para la calidad de la semilla. De estos los hongos producen un gran número de enfermedades de plantas, y ocurren más comúnmente sobre las semillas que las bacterias y virus.

Los principales hongos de campo encontrados en los granos de los cereales son de los géneros *Cladosporium*, *Helminthosporium*, *Alternaria* y *Fusarium*. Causan la decoloración de los granos de los cereales, lo que a menudo se observa cuando los granos quedan expuestos a la excesiva humedad en la cosecha. Además de afectar la apariencia del grano, los hongos de campo pueden ocasionar una disminución del poder germinativo de las semillas (Moreno, 1988). Por lo tanto, los daños causados

por hongos en la semilla son irreversibles, ya que desmeritan su calidad. Los hongos de campo son los que invaden a las semillas cuando estas han madurado y permanecen en campo en espera de ser cosechadas. Ciertas especies de *Fusarium* y *Helmithosporium* pueden afectar directamente la viabilidad de las semillas al matar los embriones, debido a que pueden estar en el interior o exterior de la semilla como ocurre con el carbón del trigo (*Ustilago nuda*).

Moreno (1995) menciona en relación a los hongos que invaden a los granos en el almacén que se encuentran especies de los géneros *Penicillium* y *Aspergillus*.

Los daños causados por los hongos de almacén son mayores que los producidos por los hongos de campo. Las esporas de algunos hongos de almacenaje están presentes en los granos antes de la cosecha. Bajo condiciones favorables de temperatura y humedad, las esporas crecen y los granos son invadidos por los hongos. Las condiciones que afectan el desarrollo de los hongos en los granos son: humedad elevada del grano, temperatura relativamente alta del mismo, condición del grano (partido, sucio, etc.), cantidad de material extraño en el lote.

Cuando los hongos atacan los granos y semillas, se producen pérdidas debidas a varias causas: el ataque directo a cultivos en el campo durante el desarrollo de la semilla, afectando la fisiología y las características físicas y químicas de esta, reflejándose directamente en las plántulas durante su establecimiento como disminución del poder germinativo, decoloración de la semilla, calentamiento, alteraciones bioquímicas, posibilidad de producción de toxinas y pérdida de materia seca entre otras (Rosas, 1991).

Los medios de cultivos utilizados en la prueba de sanidad dependen de la especie que se desea identificar, los más comunes son malta-sal-agar para detectar hongos de almacén y papa-dextrosa-agar para hongos de campo (Neergaard, 1977)

MATERIALES Y METODOS

La presente investigación se efectuó en el Laboratorio de Ensayos de Semillas y bajo condiciones de invernadero de la UAAAN, en Buenavista, Saltillo, Coahuila durante el período 2000 -2001; lugar que se ubica en las coordenadas geográficas 25° 23' latitud norte y 101° 01' longitud oeste, con una altitud de 1743 msnm. La temperatura promedio que se manejó en el interior del invernadero fue de $24 \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante el día y $19^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante la noche, con una humedad relativa de 78.5 por ciento, aproximadamente.

Material Experimental

Como material experimental se utilizaron materiales de trigo harinero (*Triticum aestivum* L), y trigo duro (*Triticum durum* L) cosechados en las localidades de Celaya, Gto., Navidad, N. L., y Zaragoza Coah.

Dicho material constó de 12 líneas de trigos harineros, 1 variedad de trigo harinero comercial (Salamanca S-75), 4 líneas de trigo duro y 1 variedad comercial de trigo duro (Altar C-84) (Cuadro 3.1).

Cuadro 3.1 Genotipos de trigo evaluados para características y atributos de calidad.

TRATAMIENTOS	GENOTIPOS	PROCEDENCIA
1	LR1	Celaya, Gto. 99-00
2	LR2	Celaya, Gto. 99-00
3	LR3	Celaya, Gto. 99-00
4	LR4	Celaya, Gto. 99-00
5	LR5	Celaya, Gto. 99-00
6	LR6	Celaya, Gto. 99-00
7	LR7	Celaya, Gto. 99-00
8	LR8	Celaya, Gto. 99-00
9	LR1A	Celaya, Gto. 99-00
10	LR2B	Celaya, Gto. 99-00
11	LR3C	Celaya, Gto. 99-00
12	LR4D	Celaya, Gto. 99-00
13(T)	Salamanca S-75(variedad comercial)	Zaragoza, Coah.99-00
14	PM6 (CIMMYT-UA)	Navidad, N.L. 98-99
15	PM7 (CIMMYT-UA)	Navidad, N.L. 98-99
16	PM23 (CIMMYT-UA)	Navidad, N.L. 98-99
17(T)	Altar C-84 (Variedad comercial)	Navidad, N.L. 98-99
18	Ivan 50 (GMZ)	Navidad, N.L. 98-99

LR = Línea recuperada. Trigo harinero.

PM = Parcelas de multiplicación. Trigo duro.

Manejo de la semilla

Se homogenizaron las muestras por medio de un homogenizador Borner hasta obtener la muestra de 1000 g. Se pesaron 120 g de semilla para el análisis de pureza. Se utilizó semilla pura para las pruebas de laboratorio e invernadero.

Variables evaluadas.

Se evaluaron características y atributos de calidad de semilla de los genotipos de trigo en laboratorio e invernadero.

Variables de laboratorio

Contenido de humedad (CH). Se determinó por medio de un determinador de humedad eléctrico Steinlite, se pesaron 250 g de muestra, se calibró el aparato con el estándar para trigo a 16, la muestra se vació en la tolva y se tomaron cuatro lecturas.

Peso de 1000 semillas (PMS). Se tomaron 8 repeticiones al azar de 100 semillas por tratamiento, las que se pesaron y se contabilizó promedios y con las ocho observaciones se calculó el coeficiente de variación. Cuando el coeficiente de variación quedó debajo de 4 se calculó el PMS multiplicado por diez el promedio de las observaciones, y se reportó en g en base a 1000 semillas (Peretti, 1994).

Peso volumétrico (PV). Se determinó con 4 repeticiones usando un determinador Ohaus de peso volumétrico de lectura directa en el cual se dejó caer suficiente semilla en un volumen conocido y rasando el exceso se obtuvo el peso de semilla contenida en el recipiente en kg HI^{-1} (Moreno, 1996).

Capacidad de germinación (CG). Las semillas previamente tratadas con funguicida Captán se pusieron a germinar en cuatro repeticiones de 25 semillas por tratamiento, las semillas se colocaron entre dos toallas de papel secante de tipo Anchor de 30.5 x 46 cm humedecido y rayado con dos líneas paralelas a cinco y 11 cm de la parte superior. Se colocaron en el papel orientadas con el embrión hacia la parte inferior de las dos líneas, y cubiertas con la toalla humedecida se enrollaron y se aseguraron con ligas. Los rollos (Tacos) se guardaron en bolsas de polietileno e incubaron a 22 ± 2 °C por siete días. A los

4 días después de la siembra se contaron las plántulas normales con desarrollo de todas sus estructuras y a los 7 días, se hizo el segundo conteo y se evaluó el total de plántulas normales (PN), anormales (PAN), semillas duras (SD) y semillas muertas (SM). Los resultados se registraron en porcentajes (ISTA, 1996).

Vigor mediante primer conteo de germinación (VPC) (AOSA, 1983). Este corresponde a las plántulas normales de tamaño aceptable predeterminado, obtenidas en el primer conteo al cuarto día del ensayo de germinación al segundo conteo (7 días) (ISTA, 1996).

Vigor mediante clasificación de plántulas fuertes (VPF). Se evaluó con las plántulas normales del ensayo de germinación que se clasificaron como fuertes al primer conteo de la prueba y al segundo conteo se tomaron las plántulas normales restantes y se clasificaron en fuertes y débiles. El total de plántulas normales fuertes de los dos conteos corresponde a las plántulas vigorosas y se expresó en porcentaje (AOSA, 1983).

Potencial de almacenamiento (PA). Se determinó mediante la prueba de envejecimiento acelerado (AOSA, 1983). Cuatro repeticiones de 25 semillas por tratamiento se colocaron en condiciones de estrés en vasos de precipitado de 600 ml con 100 ml de agua, sobre un soporte y una malla dentro de una cámara a temperatura de 40⁰ C y humedad relativa entre 85 y 100 por ciento por 48 h. Enseguida se realizó el ensayo de germinación a las semillas envejecidas. Después del cuarto y séptimo día se evaluó el porcentaje de germinación de plántulas normales, anormales y muertas bajo la metodología ya descrita (ISTA, 1996).

Vigor mediante tasa de crecimiento de plántula (TCP). Se sembraron 4 repeticiones de 25 semillas por lote, cada una sobre dos toallas de papel de 63 x

35.5 cm humedecida cada una con 30 ml de agua. Previamente se trató la semilla con fungicida Captán, y se colocaron 25 debidamente orientadas en dos hileras a 6.5 y 13 cm de la orilla superior, se cubrieron con una toalla igualmente humedecida, y se enrollaron con un orificio central de un cm, los rollos se sujetaron con ligas elásticas apropiadas y se colocaron en bolsas de polietileno y éstas en cestas metálicas que se colocaron en una cámara germinadora sin luz a $22^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ durante 7 días.

Al final del ensayo se evaluó, y registró el número de plántulas normales sin el pericarpio y se dejaron sobre toallas de papel al medio ambiente durante 24 horas y enseguida se pusieron a secar en bolsa de papel estraza en un horno por 24 horas a 80°C . Posteriormente, se enfriaron las bolsas en un desecador, y se obtuvo el peso seco total de las plántulas normales por repetición, en una balanza analítica con una precisión de 0.0001 g. Los resultados se expresaron en peso total de plántulas normales (TCPa), peso total dividido entre el número de plántulas normales (TCPb) y el peso total dividido entre las 25 semillas sembradas (TCPc).

Todos estos se obtuvieron en mg/plántula, y se consideraron como lotes de alto vigor a los que dieron altos índices y un mayor número de plántulas normales. Para la evaluación de la prueba se siguieron las indicaciones del manual de vigor (AOSA, 1983)

Vigor mediante crecimiento de plántula (VCP). Con la finalidad de determinar la longitud media de plúmula como indicadora del vigor, se sembraron sobre dos toallas de papel 4 repeticiones de 25 semillas por genotipo previamente tratadas con fungicida Captán (ISTA, 1981). Debidamente orientadas se fijaron en una cinta adhesiva sobre la primera línea trazada a 12 cm del borde superior, a partir de la cual previamente se trazaron cinco líneas paralelas separadas a

2 cm. Cada toalla de 38 x 25 cm se humedeció con 20 ml de agua, luego se cubrieron con una toalla igualmente humedecida, se dobló a 2 cm de la parte inferior y se procedió a enrollarlas sin apretarlas en forma de un cilindro con 4 cm de diámetro, cada una de los cuales se sujetaron con una liga elástica de la medida apropiada. Los rollos se colocaron en bolsas de polietileno y éstas en cestas metálicas dentro de una cámara de germinación sin luz a $22^{\circ}\text{C} \pm 2$ durante siete días. Al finalizar la prueba se contó el número de plántulas normales cuyas plúmulas en su extremo superior se situaron entre cada dos líneas paralelas, las cuales proporcionaron la longitud que alcanzaron a partir de la primera línea sobre la cual se sembraron las semillas. Para obtener los resultados de la prueba, el número de plúmulas contadas se multiplicó por el valor correspondiente que toman los puntos medios entre líneas, los cuales fueron: 1, 3, 5, 7, 9 y 11 cm; los productos se sumaron y se obtuvo la longitud total, que se dividió entre el número de plántulas normales, resumida en la siguiente fórmula:

$$L = \frac{(nX_1 + nX_2 + nX_3 + \dots)}{N}$$

Donde:

L= longitud media de plúmulas por repetición.

n= número de plúmulas entre cada par de paralelas.

X_i = distancia media desde la línea central.

N = número total de plántulas normales.

Y para expresar los resultados en por ciento de vigor, los resultados de cada genotipo se compararon con un testigo de alto vigor al cual se le asignó un valor de 12.5 cm, y el ajuste correspondiente se efectuó con la siguiente fórmula:

$$V = \frac{L}{12.5} \times 100$$

Donde:

V = vigor del genotipo en %.

L = longitud media de plúmulas por repetición.

Índice de vigor IV (Jara, 1993). Para determinar el índice de vigor de cada uno de los genotipos, se consideraron los pesos secos de 100 plántulas normales por repetición obtenidos en la prueba de tasa de crecimiento y el de 100 plántulas normales procedentes de semillas sometidas a condiciones adversas en el ensayo de envejecimiento acelerado, para lo cual se utilizó la siguiente fórmula:

$$IV = 1 - \frac{\text{Peso seco normal} - \text{Peso seco después del estrés}}{\text{Peso seco normal}}$$

Índice de velocidad de imbibición (IVI). A cuatro repeticiones de 100 semillas por genotipo se les tomó el peso inicial en balanza analítica y posteriormente se colocaron en frascos de vidrio, a los que se les agregó agua deionizada hasta que se cubrieron y se taparon. Se les determinó el peso de las semillas cada 2 h, utilizando un colador de plástico, recuperando el agua en otro recipiente. Se eliminó el exceso de agua con papel absorbente tipo secante, se pesaron y se regresaron al frasco adicionando de nuevo el agua, continuando el pesaje a intervalos de 2 h, finalizando la evaluación a las 12 h. El peso se expresó en gramos por 100 semillas, para obtener la cantidad de agua absorbida en tiempo, al peso de cada lectura se le restó el peso inicial (Alcocer, 2000).

Tasa de imbibición. Esta se obtuvo al restar los pesos de agua acumulada a las dos h del peso a las cuatro h, el peso a las seis h menos el peso a las cuatro horas, el peso de ocho h menos el peso de seis h, el peso de diez h menos el peso a las ocho h, y el peso a las doce h menos el peso a las diez h (Alcocer, 2000).

Sanidad (S). La microflora presente se determinó con cuatro repeticiones de 10 semillas por tratamiento en dos medios: extracto de malta-sal-agar (para detectar hongos de almacén) y papa- agar- dextrosa (para detectar hongos de campo). Las semillas se desinfectaron previamente con hipoclorito de sodio al 2 % durante un minuto y se colocaron en cajas de Petri en el medio de cultivo durante 8 días a 25 °C (ISTA, 1996).

Variables agronómicas en invernadero

Emergencia en invernadero (EI). Se sembraron tres repeticiones de 15 semillas en suelo espaciadas a 5 cm una de otra y sembradas en surcos de 60 cm de longitud. Se dieron riegos diarios y se consideró la emergencia cuando la plúmula hubo emergido y el coleóptilo sobresalió de la superficie del suelo.

Índice de Velocidad de Emergencia (IVE). Este se determinó de acuerdo a la fórmula de Maguirre (1962). Tomando datos todos los días a la misma hora, contabilizando el número de plúmulas emergidas desde la aparición del coleóptilo en la superficie del suelo, y que alcanzó la máxima emergencia. El índice de velocidad de emergencia se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$IVE = NP/d_1 + \dots + NP/d_i = \sum_i NP/d_i$$

Donde:

IVE = índice de velocidad de emergencia.

NP = número de plantas emergidas.

d_i = días después de siembra.

Días a emergencia (DAE). Se contabilizó a partir de la siembra hasta que el coleóptilo sobresalió la superficie del suelo el 100% del surco.

Emergencia Total (ET). Correspondió al número de plántulas emergidas al final de la prueba y con estructuras con desarrollo aceptable a los siete días de la siembra.

Días a primera hoja (DAPH). Se tomó como los días transcurridos a partir del día de la siembra hasta el día que la primera hoja alcanzó su máxima expansión.

Altura de planta (A). Se midió al final de la madurez y desde la superficie del suelo hasta la punta de la espiga (cm).

Número de macollos totales (MT). Se obtuvo como el número de macollos productivos a la madurez.

DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS ESTADISTICO

Con el fin de detectar diferencias entre las medias de los genotipos de trigo se realizaron los análisis de varianza (ANVA), acordes al diseño experimental empleado en laboratorio e invernadero fue el diseño completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones para las variables evaluadas en laboratorio, y para las variables de invernadero se utilizó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones (Steel y Torrie, 1988) cuyos modelos aparecen enseguida.

Laboratorio

$$Y_{ij} = \mu + v_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

i = 1, 2, 3..... v (genotipos).

j = 1, 2, 3..... r (repeticiones).

Y_{ij} = variable observada.

μ = media general.

v_i = Efecto de la i-ésimo genotipo.

ε_{ij} = error experimental.

Invernadero

$$Y_{ij} = \mu + V_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

i = 1, 2, 3..... v (genotipos).

j = 1, 2, 3..... r (repeticiones).

Y_{ij} = variable observada.

μ = media general del experimento.

V_i = efecto del i-ésimo genotipo.

β_j = efecto de bloques o repeticiones.

ε_{ij} = error experimental.

Para conocer con mayor exactitud las diferencias de las medias entre los genotipos se usó la prueba de rango múltiple DMS (Diferencia mínima significativa), con la fórmula siguiente:

$$DMS = t (g 1E) \alpha \frac{\sqrt{2 CMEE}}{r}$$

$t (g1E)$ = valor de t a un valor de probabilidad de los grados de libertad del error.

CMEE = Cuadrado medio del error experimental

r = Número de repeticiones.

Relación entre variables

Se utilizó regresión lineal para establecer la relación entre el peso seco de la semilla y el agua acumulada con el siguiente modelo:

$$y_i = \alpha + \beta (x_i) + \varepsilon_i$$

$i = 1, 2, 3, \dots, n$

y_i = La i -ésima observación de la variable dependiente (Peso seco de semilla).

X_i = La i -ésima observación de la variable independiente (Peso de agua acumulada a las 2, 4, 6, 8, 10 y 12 h).

α = Intercepto (Intersección de la línea de regresión con el eje Y).

β = Coeficiente de regresión (pendiente de la línea de regresión).

ε_i = Error aleatorio de la i -ésima observación.

Se utilizó regresión múltiple por medio del procedimiento Stepwise, el cual consistió en incorporar las variables que presentaron de mayor a menor relación con respecto a la variable dependiente para ingresarlas en el modelo, con el fin de conocer la relación entre la emergencia total en invernadero con las variables evaluadas en laboratorio.

Con el siguiente modelo:

$$y_i = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon_i \dots \dots$$

y_i = La i -ésima observación de la variable dependiente (Emergencia total en invernadero).

X_i = La i -ésima observación de la variable independiente (Capacidad de germinación, vigor al primer conteo, tasa de crecimiento de plántula, índice de vigor).

α = Intercepto (Intersección de la línea de regresión con el eje Y).

β = Coeficiente de regresión (pendiente de la línea de regresión)

ε_i = Error aleatorio de la i -ésima observación.

Transformación de datos

Para el análisis de los resultados de sanidad se utilizó la siguiente fórmula para transformar los datos:

$$\frac{\sqrt{x}}{100} + 0.5 \quad \sqrt{x} = \text{Raíz cuadrada del porcentaje del patógeno presente. Para el}$$

análisis de los resultados de tasa de imbibición se utilizó la siguiente fórmula para transformar los datos:

\sqrt{x} = Raíz cuadrada del valor de tasa de imbibición, tasa de agua acumulada a diferentes tiempos, altura de planta, índice de velocidad de emergencia y macollos productivos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo aparecen primero las variables evaluadas en laboratorio que por conveniencia se ha agrupado en apartados de variables físicas, fisiológicas y sanitarias. Posteriormente se relatará lo referente a aquéllas medidas en invernadero.

VARIABLES FÍSICAS

El análisis de varianza (ANVA) mostró diferencias altamente significativas entre genotipos para las variables físicas: contenido de humedad, peso volumétrico y peso de mil semillas (Cuadro 4.1), resultados confiables ya que sus coeficientes de variación permanecen en general por debajo del 4%.

Cuadro 4.1. Cuadrados medios y significancia de las variables físicas de semilla evaluadas genotipos de trigo.

F.V.	G.L.	CH (%)	PV (kg hl ⁻¹)	PMS (g)
Genotipo	17	0.61**	41.77**	5.91**
Error	54	0.034	0.21	0.010
C.V. %		1.79	0.61	3.35

C.V. = Coeficiente de variación.

** = Significativo al 1% de probabilidad.

CH = Contenido de humedad.

PV = Peso volumétrico.

PMS = Peso de mil semillas.

En el Cuadro 4.2 se presenta la comparación de medias para las variables físicas: contenido de humedad, peso volumétrico y peso de mil semillas.

Cuadro 4.2 Comparación de medias para las variables físicas evaluadas en genotipos de trigo.

Genotipos † (G)	CH (%)	PV (kgHl ⁻¹)	PMS (g)
1	10.32 -	72.95 -	28.3719 -
2	10.28 -	72.38 -	30.5053 -
3	10.45 -	71.98 -	25.6811 -
4	10.13 -	70.73 -	24.1499 -
5	10.20 -	70.18 -	21.4675 -
6	10.30 -	70.43 -	22.5000 -
7	10.35 -	70.25 -	24.3813 -
8	10.28 -	74.25 -	30.3438 -
9	10.70 -	77.70 -	26.2871 -
10	10.65 -	75.98 -	29.5308 -
11	9.17 -	70.63 -	20.6735 -
12	10.28 -	70.35 -	20.9848 -
13 Salamanca(T)	11.05	79.43	44.7839
14	10.38 +	76.83 =	40.5038 +
15	10.88 +	78.78 +	41.3970 +
16	10.35 +	75.98 -	34.6293 =
17 Altar 84(T)	9.95	77.10	34.4895
18	10.08 +	72.55 -	49.0199 +
DMS	0.2622	0.6483	0.9965

† Del 1 al 13 trigo harinero y 14 al 18 trigo duro.

=, +,- Genotipo igual, superior o inferior al testigo respectivo de los grupos de trigo harinero y duro.

CH = Contenido de humedad.

PV = Peso volumétrico.

PMS = Peso de mil semillas.

Contenido de humedad (CH).

En el Cuadro 4.2 la comparación de medias para el CH mostró un rango de 9.17 a 11.05 %. Los genotipos que presentaron menor CH fueron: G11 (LR3) con 9.17 % y G17 (Testigo duro) con 9.95 % y con mayor CH G13 (Testigo harinero) con 11.05 % y G15 (PM7) con 10.88 %. Con el propósito de hacer una comparación más efectiva y de valor práctico los genotipos se compararon con el testigo dentro del grupo de trigos harineros y duros, con base a la diferencia mínima significativa de cada variable. De acuerdo con esta se encontró que el G13 (Testigo harinero) mostró un mayor contenido de humedad de 11.05 %, con respecto a los trigos harineros que tuvieron un porcentaje menor. El G17 (Testigo duro) con 9.95 % fue menor con relación a los trigos duros. Estas diferencias pueden ser explicables debido así como a su tipo de endospermo, que difieren en su composición química, además el tiempo de

almacenamiento y el ciclo de producción. Un alto contenido de humedad afecta la viabilidad de la semilla y favorece el desarrollo de hongos e insectos. Además es un factor importante para determinar si la semilla retendrá su capacidad de germinación desde la cosecha hasta la siembra. El rango aceptable de contenido de humedad para el almacenamiento de trigo es de 12.5 a 13.5 % o menor, en este trabajo todos los genotipos presentaron valores por debajo de dicho rango.

Peso volumétrico (PV)

En el Cuadro 4.2 aparece la comparación de medias para PV reportando un rango de 70.18 a 79.43 $\text{kg} \text{hl}^{-1}$ lo que representa un rango amplio de peso. Los genotipos con mayor PV fueron: G13 (Testigo harinero) con 79.43 $\text{kg} \text{hl}^{-1}$, G15 (PM6) con 78.78 $\text{kg} \text{hl}^{-1}$ y con menor PV el G18 (Ivan 50) con 72.55 $\text{kg} \text{hl}^{-1}$. Los genotipos se compararon con el testigo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros) para lo cual se utilizó la diferencia mínima significativa, esta reportó que los trigos harineros mostraron un valor inferior al PV del G13 (Testigo harinero), y para los trigos duros se observó que el G15 (PM7) con 78.78 $\text{kg} \text{hl}^{-1}$ fue superior al PV del G17 (testigo duro), el G14 (PM6) con 76.83 $\text{kg} \text{hl}^{-1}$ igual al G17 (Testigo duro). El PV está influenciado por los espacios vacíos intercalares, el contenido en agua del grano. La diferencia entre especies se debe principalmente a características de la semilla como es su tamaño, forma textura, uniformidad y estructura biológica de la semilla. El peso volumétrico de los trigos duros es mayor que el de trigos harineros debido al grado de compactación del grano, y esto es lo que se observa en el presente trabajo; Moreno (1996) reportó 80 $\text{kg} \text{hl}^{-1}$ como PV para trigo.

Peso de mil semillas (PMS)

La comparación de medias para esta variable física aparece en el Cuadro 4.2. Estas se hallaron en un rango de 20.6735 a 49.0199 g. Los genotipos que presentaron mayor peso fueron: G18 (Ivan 50) con 49.0199 g y G13 (testigo harinero) con 44.7839

g. Considerándose el G18 (Ivan 50) trigo duro como el genotipo con mayor PMS. Con base en la referencia a los testigos harineros y duros se encontró que para el grupo de trigos harineros el PMS fue inferior al del G13 (testigo harinero), y en el caso de trigos duros se observó que los genotipos G14 (PM6) con 40.5038 g, G15 (PM7) con 41.3970 g y G18 (Ivan 50) con 49.0199 g presentaron un PMS superior a Altar C-84 y se consideró igual al testigo el genotipo G16 (PM23) con 34.6293 g. El PMS permite caracterizar un genotipo y poner en evidencia anomalías producidas en el grano durante su formación. La diferencia entre genotipos es atribuible principalmente a que las características de tamaño y peso de la semilla de cada genotipo son diferentes y por consiguiente tal como depende de las condiciones ambientales durante el llenado del grano, debido a que éste se estima basándose en el peso de un determinado número de semillas. Con relación a PMS en este trabajo se observó que los genotipos harineros G1 (LR1), G2 (LR2), G3 (LR3), G8 (LR8), G9 (LR1A), y el G10 (LR2B) se encontraron dentro del rango de los trigos harineros de 25-40 g, y para el grupo de trigos duros el G18 (Ivan 50) se encontró en el rango de 45-60 g para trigos duros valores reportados por Peretti (1994),

Variables fisiológicas

El ANVA detectó diferencias altamente significativas entre genotipos para las variables: capacidad de germinación, vigor al primer conteo, vigor de plántulas fuertes, tasa de crecimiento de plántula, potencial de almacenamiento, índice de vigor y vigor de crecimiento de plántula, (Cuadro 4.3), todas las variables reportaron C.V. menores al 20 %.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios y su significancia estadística de las variables fisiológicas evaluadas en genotipos de trigo.

FV	GL	PNCG (%)	VPC (%)	VPF (%)	TCPa (mg/pl)	TCPb (mg/pl)
Gen	17	110.5**	909.86**	414.02**	15662**	11.10**
Error	54	27.629	99.22	56.22	50338	4.85
C.V. %		5.73	13.70	9.17	13.10	11.77

C.V. = Coeficiente de variación.
 ** = Significativo al 1% de probabilidad.
 PNCG = Plántulas normales capacidad de germinación.
 VPC = Vigor al primer conteo.
 VPF = Vigor de plántulas fuertes.
 TCPa = Tasa de crecimiento de plántula (Peso seco plántulas normales).
 TCPb = Peso seco total dividido entre plántulas normales.

El ANVA detectó diferencias altamente significativas entre genotipos para las variables: potencial de almacenamiento, índice de vigor y vigor de crecimiento de plántula, (Cuadro 4.4) todas las variables reportaron C.V. menores al 20 % excepto para índice de vigor.

Cuadro 4.4 Cuadrados medios y su significancia estadística de las variables fisiológicas evaluadas en genotipos de trigo.

FV	GL	TCPc (mg/pl)	PNPA (%)	IV (g)	VCP (cm)	VCP (%)
Gen	17	250.58**	184.88**	0.0651**	6.48**	414.88**
Error	54	8.97	30.22	0.0096	0.88	56.38
C.V. %		13.10	6.18	33.45	9.18	9.18

C.V. = Coeficiente de variación.
 ** = Significativo al 1% de probabilidad.
 TCPc = Peso seco total entre semillas sembradas.
 PNPA = Plántulas normales potencial de almacenamiento.
 IV = Índice de vigor.
 VCP = Vigor de crecimiento de plántula (Longitud media de plúmula en cm).
 VCP = Vigor de crecimiento de plántula (Longitud media %).

En el Cuadro 4.5 se señala la comparación de medias para las variables: capacidad de germinación, vigor al primer conteo y tasa de crecimiento de plántula.

Cuadro 4.5. Comparación de medias en las variables fisiológicas evaluadas en genotipos de trigo.

Genotipos† (G)	CG (%)	VPC (%)	VPF (%)	TCPa (mg/pl)	TCPb (mg/pl)	TCPc (mg/pl)
1	90 =	53 -	73 -	1636 -	18.13 -	65.45 -
2	98 =	93 =	96 +	1908 -	19.44 -	76.31 -
3	100 =	81 =	97 +	1813 -	18.13 -	72.52 -
4	96 =	90 =	90 =	1886 -	19.59 -	75.44 -
5	95 =	87 =	89 =	1697 -	17.93 -	67.90 -
6	84 -	76 =	80 =	1672 -	19.94 -	66.89 -
7	95 =	73 -	86 =	1699 -	17.87 -	67.95 -
8	87 -	70 -	76 =	1783 -	20.53 -	71.31 -
9	94 =	73 -	89 =	1717 -	18.28 -	68.68 -
10	91 =	35 -	79 =	1554 -	16.97 -	62.17 -
11	91 =	53 -	87 =	1452 -	15.95 -	58.08 -
12	95 =	54 -	85 =	1691 -	18.59 -	67.65 -
13 (T)	97	88	93	2324	23.89	92.97
14	85 =	73 =	73 =	1507 =	17.74 =	60.30 =
15	88 =	65 =	76 =	1622 =	18.53 =	64.89 =
16	85 =	66 =	62 -	1608 =	19.00 =	64.31 =
17 (T)	83	65	76	1502	18.19	60.06
18	95 +	66 =	64 -	1746 =	18.44 =	69.86 =
DMS	7.8412	13.614	10.63	234.2	4.86	12.723

† Del 1 al 13 trigo harinero y 14 al 18 trigo duro.

=, +, - Genotipo igual, superior o inferior al testigo respectivo de los grupos de trigo harinero y duro.

CG = Capacidad de germinación.

VPC = Vigor al primer conteo.

VPF = Vigor de plántulas fuertes.

TCPa = Peso seco total de plántulas normales (tasa de crecimiento de plántula).

TCPb = Peso seco total dividido entre plántulas normales.

TCPc = Peso seco total dividido entre semillas sembradas.

En el Cuadro 4.6 se presenta la comparación de medias para las variables; potencial de almacenamiento, índice de vigor y vigor de crecimiento de plántula.

Cuadro 4.6. Comparación de medias en las variables fisiológicas evaluadas en genotipos de trigo.

Genotipos† (G)	PNPA (%)	IV (g)	VCP (cm)	VCP (%)
1	98 =	0.76 -	9.97 -	79.72 -
2	97 =	0.74 -	11.72 =	93.77 =
3	92 =	0.57 -	7.73 -	61.84 -
4	95 =	0.60 -	11.78 =	94.18 =
5	81 -	0.55 -	10.83 =	86.60 =
6	86 =	0.62 -	11.02 -	88.16 =
7	91 =	0.67 -	10.41 -	83.30 -
8	82 -	0.58 -	10.81 -	86.45 =
9	96 =	0.68 -	11.22 =	89.72 =
10	94 =	0.72 -	9.87 -	78.98 -
11	93 =	0.64 -	10.91 =	87.29 =
12	93 =	0.52 -	10.72 -	85.72 -
13 (T)	94	0.76 -	12.16	97.30
14	78 =	0.94 +	9.82 -	78.57 +
15	88 +	0.90 +	9.39 -	75.12 =
16	80 =	0.87 =	8.56 -	68.50 =
17 (T)	79	0.74	8.12	64.99
18	83 =	0.88 =	8.93 =	71.46 =
DMS	7.7936	0.1386	1.3305	10.645

† Del 1 al 13 trigo harinero y 14 al 18 trigo duro.

=, +, - igual, superior o inferior al testigo respectivo de los grupos de trigo harinero y duro.

PNPA = Plántulas normales potencial de almacenamiento.

IV = Índice de vigor.

VCP = Vigor de crecimiento de plántula (Longitud media de plúmula en cm).

VCP = Vigor de crecimiento de plántula (Longitud media %).

Capacidad de Germinación (CG)

La comparación de medias para esta variable CG (Cuadro 4.5) reportó que se encontraron en un rango de 83 a 100 %, los genotipos con mayor porcentaje fueron los siguientes G3 (LR3) con 100, G2 (LR2) con 98 %, G13 (Testigo harinero) con 97 % , G4 (LR4) con 96 %, G5 (LR5), G12 (LR4D), G7 (LR7), G18 (IVAN 50) con 95 %. Calificándose como de alta capacidad de germinación los que se encontraron en un rango de 95 a 98 % (Jara, 1993). Los genotipos se contrastaron con el testigo respectivo dentro de cada grupo (Trigos harineros y duros)

encontrando que los genotipos harineros fueron iguales al testigo excepto G6 y G8 que fueron menores a Salamanca S-75. Para los trigos duros se observó que el G18 (Ivan 50) fue superior al testigo mientras que los genotipos G14, G15, G16, mostraron ser estadísticamente iguales al testigo Altar C-84. Los genotipos duros tuvieron menor CG debido probablemente a que tenían mayor tiempo almacenado.

Vigor Al Primer Cuento (VPC).

Para esta variable (Cuadro 4.5) los valores oscilaron en un rango de 35-93 %, los genotipos calificados como de alto vigor fueron: G2 con 93% y G4 con 90 %, correspondientes a trigos harineros. Al comparar con su respectivo testigo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros) se encontró que los genotipos harineros G1, G7, G8, G9, G10, G11, G12 resultaron inferiores al testigo, e iguales a este los genotipos G2, G3, G4, G5 y G6; por otra parte los trigos duros fueron iguales al testigo Altar C-84.

Vigor de Plántulas Fuertes (VPF).

En el Cuadro 4.5 se indica la comparación de medias para esta variable, las cuales se encontraron en un rango de 62 a 97 %. Los genotipos con mayor porcentaje de vigor de plántulas fuertes fueron los siguientes: G3 con 97 %, G2 con 96 %, G13 (testigo harinero) con 93 %, G4 con 90 %, calificándolos como de alto vigor, el genotipo con mayor porcentaje fue el G3 correspondiente a trigos harineros.

Al comparar con el testigo dentro de cada grupo (Trigos harineros y duros), se encontró que los genotipos harineros G2 y G3 fueron superiores al testigo, iguales al testigo los genotipos G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11 y G12 mientras que el G1 resultó inferior al testigo. Para los trigos duros se observó que los genotipos duros G14, G15 resultaron iguales al testigo e inferiores a este los genotipos G16 y G18. Se observó que los trigos harineros presentaron mayor vigor que los trigos duros debido posiblemente a su reciente cosecha.

Tasa de Crecimiento de Plántula (TCP).

Aún cuando la evaluación de las plántulas puede ser subjetiva, como menciona Moreno (1984), para la TCP expresada como peso total de plántulas normales (TCPa) en mg en el Cuadro 4.5, se presentan las medias que se localizaron en un rango de 1502 a 2324 mg, los genotipos con mayor peso fueron: G13 (Testigo harinero) con 2324 mg, G2 (LR2) con 1908 mg, G4 (LR4) con 1886 mg, G3 (LR3) con 1813 mg, G18 (Ivan 50) con 1746 mg, del grupo de trigos harineros el G2 fue el que presentó mayor peso y de los trigos duros fue el G18. Los genotipos se compararon con el testigo perteneciente a cada grupo (Trigos harineros y duros), se observó que los genotipos harineros fueron inferiores a Salamanca S-75, y para los trigos duros se encontró que los genotipos fueron iguales a Altar C-84.

Al expresarse como peso seco total /número de plántulas normales (TCPb) en mg/plántula, en el Cuadro 4.5 se indica que la comparación de medias (DMS) osciló en un rango de 15.95 a 23.89 mg/pl. Los genotipos que presentaron mayor peso fueron los siguientes: G13 (Testigo harinero) con 23.89 mg, G8 (LR8) con 20.53 mg, G6 (LR6) con 19.94 mg, con un comportamiento similar G4 (LR4) con 19.59 mg G2 (LR2) con 19.44, G15 (PM7) 18.53 mg y G16 (PM23) con 18.99 mg. El genotipo con mayor peso para trigos harineros fue el G8 y para los trigos duros el G16. Se compararon con el testigo respectivo dentro de cada grupo (Trigos harineros y duros), se encontró que los genotipos harineros fueron inferiores a Salamanca S-75, y para los genotipos duros se observó fueron iguales a Altar C-84.

Analizado como peso seco total/25 semillas (TCPc), que fueron sembradas por repetición en la comparación de medias DMS (Cuadro 4.6) se encontraron en un rango de 60.30 a 92.97 mg/pl, dentro del cual los genotipos con mayor peso fueron los siguientes: G13 (Testigo harinero) con 92.97 mg, G2 (LR2) con 76.31 mg, G4 (LR4) con 75.44 mg, G3 (LR3) con 72.52 mg, G8 (LR8) 71.31 mg, G18 (Ivan 50) con 69.86

mg. El genotipo con mayor peso total / 25 semillas para los trigos harineros fue el G2 y para los trigos duros el G18. Se compararon con su testigo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros), se observó que los genotipos harineros fueron inferiores al Salamanca S-75. Con respecto a los genotipos duros se encontró que fueron iguales a Altar C-84. De acuerdo al número de plántulas anormales y al de semillas no germinadas registradas en la prueba, los lotes fueron calificados como de alto vigor. De las separaciones realizadas por medio de las tres formas de expresar los resultados de la prueba (TCP), se deduce que, ésta mostró ser más sensible que CG como encontraron Martínez (1989) y Odiemah (1987) quienes consideran a la prueba como indicadora del vigor de la semilla.

Potencial de Almacenamiento (PNPA).

En el Cuadro 4.6 se señala la comparación de medias para PNPA en un rango de 78 a 98 %. El genotipo G1 con 98 % tuvo el mayor porcentaje de vigor, este genotipo corresponde al grupo de trigos harineros y el genotipo G15 con 88 % corresponde a trigos duros, los genotipos G1, G2, G4, y G9, se calificaron como de alto vigor. Los genotipos G14 con 78 %, G17 (Testigo duro) con 79 % expresaron los valores más bajos de vigor, resultados que coinciden con lo encontrado por Filipenko (1983), quien observó que las semillas de trigo después de envejecimiento retuvieron su germinación por encima del 80 %. Se contrastaron con el testigo perteneciente a cada grupo (trigos harineros y duros), se halló que los genotipos harineros G1, G2, G3, G4, G6, G7, G9, G10, G11 y G12 fueron iguales al testigo e inferiores los genotipos G5 y G8, y para el caso de los trigos duros se observó que el G15 fue superior al testigo, y los genotipos G14, G16 y G18 resultaron iguales al testigo.

Índice de vigor (IV).

Al comparar las medias (Cuadro 4.6), se hallaron en un rango de 0.52 a 0.94 y se observó que el genotipo G14 (PM7) con 0.94 expresó el mayor índice de vigor con

relación a los otros genotipos; con un comportamiento similar los genotipos de trigos duros: G15 (PM23) con 0.90, G18 (Ivan50) con (0.88), G16 (PM23) con (0.87) el genotipo con menor índice de vigor fue el G12 (LR4D) con (0.52) correspondiente a trigos harineros. Se contrastaron con su respectivo testigo para cada grupo (Trigos harineros y duros), se observó que los genotipos harineros fueron inferiores al testigo y para el caso de los trigos duros se encontró que los genotipos G14 y G15 fueron superiores al testigo, e iguales a este los genotipos G16 y G18. Sin embargo, de acuerdo a la metodología de la prueba y a los resultados obtenidos, los genotipos fueron calificados como de alto vigor a los que presentaron índices cercanos a uno a partir de 0.75 (Jara, 1993).

Vigor de Crecimiento de Plántula (VCP) (Longitud Media de Plúmula en cm)

Se muestra la comparación de medias en el Cuadro 4.6 para vigor de longitud de plúmula en cm fluctuando en un rango de 7.73 a 12.16 cm de los cuales los genotipos con mayor longitud de plúmula fueron los siguientes: G13 (Testigo harinero) con 12.16 cm, con un comportamiento similar G4 con 11.78 cm, G2 con (11.72 cm), los genotipos fueron calificados como alto vigor (Peretti, 1994) con plántulas de longitud \geq 7 cm. De acuerdo a Odiemah (1987) las categorizó como vigorosas a las que tenían al menos 4 cm de coleóptilo. Se compararon con el testigo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros), se encontró que los genotipos harineros G1, G3, G7, G8, G10 y G12 fueron inferiores al testigo, iguales a este los genotipos G2, G4, G5, G6, G8 y G11, y para el grupo de trigos duros se observó que el G14 fue superior al testigo, e iguales al testigo los genotipos G15, G16 y G18.

Vigor de Crecimiento de Plántula (VCP) (Longitud Media de Plúmula en %)

Los promedios de la longitud de plúmula ajustada a por ciento se presentan en el Cuadro 4.6 oscilando en un rango de 62 a 97 % de los cuales los genotipos con

mayor vigor fueron los siguientes: G13 (Testigo harinero) con 97 %, con un comportamiento similar G4 (L4) con 94 %, G2 (LR2) con 94 %, G9 (LR1A) con 90 %, calificándolos como de alto vigor a los genotipos que mostraron un crecimiento de plúmula mayor o igual a 7.5 cm fueron considerados como de alto vigor (Jara, 1993). Los genotipos que presentaron menor vigor fueron los siguientes: G18 (Ivan 50) con 71 %, G16 (PM23) con 68 %, G17 (testigo duro) con 65 % y G3 (LR3) con 62 %. Se contrastaron con el testigo respectivo de cada grupo (trigos harineros y duros), observando que los genotipos harineros G1, G3, G7, G10, y G12 fueron inferiores al testigo, iguales a este los genotipos G2, G4, G5, G6, G8, G9 y G11, y para el grupo de trigos duros se observó que el genotipo G14 fue superior al testigo, e iguales a este los genotipos G15, G16 y G18. Esta prueba se ha utilizado en Inglaterra con éxito para diferenciar lotes de trigo y cebada de bajo vigor. Sin embargo cabe mencionar que esta prueba sufre de limitaciones: Pocas veces correlaciona con la emergencia en campo mejor que la prueba de germinación, la velocidad de crecimiento es afectada por la temperatura y la humedad inicial de las semillas, el alargamiento de la plántula puede ser un carácter propio diferente entre cultivares (Peretti, 1994).

Prueba de Imbibición

Agua Acumulada

El análisis de varianza detectó diferencias altamente significativas entre tratamientos para las variables evaluadas en la prueba de imbibición (Cuadro 4.7) como fueron el peso de semilla seca, peso de agua acumulada a las cuatro, 6, 8, 10 y 12 h. Para las variables agua acumulada a las dos h, no hubo diferencias significativas. C.V. < del 20 % con datos transformados para todas las variables.

Cuadro 4.7 Cuadrados medios y significancia estadística para las variables evaluadas en la prueba de imbibición.

FV	GL	PSS	PAD	PAC	PASE	PAO	PADI	PADO
Trat	17	4.19**	0.402NS	0.551 **	0.8217**	0.946 **	0.4235**	1.23**
Error	54	0.051	0.1865	0.87	0.821	0.838	0.16	0.851
C.V. %		3.40	18.07	14.58	13.01	12.19	5.32	10.97

C.V. = Coeficiente de variación.

** = Significativo al 0.01 de probabilidad.

N.S = No significativo.

PISS = Peso inicial de semilla seca

PAD = Peso de agua acumulada a las dos horas.

PAC = Peso de agua acumulada las cuatro horas.

PASE = Peso de agua acumulada a las seis horas.

PAO = Peso de agua acumulada a las ocho horas.

PADI = Peso de agua acumulada las diez horas.

PADO = Peso de agua acumulada a las doce horas.

Para las variables evaluadas en la prueba de imbibición: peso de semilla seca, agua acumulada a las dos, cuatro, seis, ocho, diez y doce horas se reporta la comparación de medias en el Cuadro 4.8.

Cuadro 4.8 Resultados de la comparación de medias de las variables evaluadas en la prueba de imbibición (Agua acumulada) en genotipos de trigo.

Genotipos † (G)	PISS (g)	PAD (g)	PAC (g)	PASE (g)	PAO (g)	PADI (g)	PADO (g)
1	2.8409 -	0.5714 =	0.7590 =	0.8929 =	0.9790 =	1.0243 =	1.0487 =
2	2.9705 -	0.5663 =	0.7297 =	0.8297 =	0.9207 =	0.9885 =	1.0505 =
3	2.5576 -	0.4930 =	0.6891 =	0.8311 =	0.9222 =	1.0089 =	1.0817 =
4	2.2923 -	0.6843 =	0.8945 =	1.0221 =	1.0927 =	1.1412 =	1.1701 =
5	2.1284 -	0.5330 =	0.6781 =	0.7859 =	0.8936 =	0.9460 =	1.0034 =
6	2.2614 -	0.5639 =	0.6379 =	0.8321 =	0.9512 =	1.0148 =	1.1155 =
7	2.4338 -	0.4728 =	0.7823 =	0.7823 =	0.9129 =	0.9869 =	1.0608 =
8	2.7681 -	0.5066 =	0.6176 =	0.7131 =	0.8036 =	0.8544 =	0.8844 =
9	2.610 -	0.5117 =	0.7079 =	0.7964 =	0.8727 =	0.8954 =	0.9107 =
10	2.7531 -	0.4906 =	0.6892 =	0.8078 =	0.9202 =	0.9778 =	1.0083 =
11	2.0728 -	0.4705 =	0.5914 =	0.6990 =	0.8036 -	0.8647 -	0.8788 -
12	2.1563 -	0.4784 =	0.6357 =	0.7221 =	0.7738 -	0.8361 =	0.8916 -
13(T)	4.4067	0.6574	0.8734	1.0943	1.3150	1.4227	1.5287
14	4.1422 +	0.6359 =	0.8988 =	1.1627 =	1.2695 =	1.3588 =	1.3814 =
15	4.0550 +	0.6217 =	0.8903 =	1.0888 =	1.2217 =	1.3539 =	1.4562 =
16	3.7890 =	0.4617 =	0.6359 =	0.7575 =	0.8655 =	0.9669 =	1.0342 =
17(T)	3.5438	0.5210	0.7671	0.9437	1.0744	1.2205	1.3485
18	5.0891 +	0.8876 =	1.1793 =	1.4670 +	1.6166 +	1.7634 +	1.9010 +
DMS	0.3201	0.4218	0.4349	0.4786	0.4985	0.5311	0.5433

† Del 1 al 13 trigo harinero y del 14 al 18 trigo duro.

=, +, - Genotipo igual, superior o inferior al testigo respectivo de los grupos de trigo harinero y duro.

- PISS = Peso inicial de semilla seca
- PAD = Peso de agua acumulada a las dos horas.
- PAC = Peso de agua acumulada las cuatro horas.
- PASE = Peso de agua acumulada a las seis horas.
- PAO = Peso de agua acumulada a las ocho horas.
- PADI = Peso de agua acumulada las diez horas.
- PADO = Peso de agua acumulada a las doce horas.

Prueba de imbibición

Peso Inicial de Semilla Seca (PISS).

Para la comparación de medias (Cuadro 4.8) en esta variable, los trigos harineros se encontraron en un rango de 2.0728 a 4.4067 g. Dentro de éste los genotipos con mayor peso fueron los siguientes: G13 (Testigo harinero) con 4.4067 g, G2 con 2.9705 g, G1 (LR1) con 2.8409 g, G8 (LR8) con 2.7681 g. Los trigos duros se

encontraron en un rango de 3.5438 a 5.0891 g y dentro del límite máximo se encuentra G18 (Ivan50). con 5.0891 g y en el límite mínimo G17 (Testigo duro) con 3.5438 g. Se compararon las medias de los genotipos con su respectivo testigo en cada grupo (Trigos harineros y duros), y se observó que todos los genotipos harineros fueron inferiores al testigo, y en los trigos duros se encontró que los genotipos G14, G15 y G18 fueron superiores al testigo e igual a este el genotipo G16. Las diferencias observadas en peso de semilla seca son debidas a la diferencia de tamaño y consistencia del gluten de los genotipos.

Peso de Agua Acumulada las Dos Horas (PAD).

La comparación de medias se indica en el Cuadro 4.8 para la variable peso de agua acumulada a las dos h, encontrándose en un rango de 0.4705 a 0.8876 g. Los genotipos con mayor incremento en peso de agua acumulada fueron los siguientes: G4 (LR4) con un incremento del 30 %, G5 (LR5) y G6 (LR6) con 25 %. Los genotipos que presentaron menor incremento fueron G13 (Testigo harinero), G14 (PM6), G15 (PM7), G17 (Testigo duro) con un 15 %. Los genotipos se compararon con el testigo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros), se encontró que los genotipos harineros fueron iguales a Salamanca S-75. Para el grupo de los trigos duros se observó que los genotipos G14, G15, G16 y G18 fueron iguales a Altar C-84.

Peso de Agua Acumulada las Cuatro h (PAC).

En el Cuadro 4.8 se presenta la comparación de medias para la variable evaluada peso de agua acumulada a las cuatro h, se hallaron en un rango de 0.5914 a 1.1793 g. Los genotipos con mayor incremento en peso de agua acumulada fueron los siguientes: G4 (LR4) con 39 %, G5 (LR5) con 32 %, G6 (LR6) con 31 %, y el G13 (Salamanca S-75) con un incremento menor del 20 % .Se compararon con el testigo perteneciente a cada grupo (trigos harineros y duros), se encontró que los genotipos

harineros fueron iguales al testigo y para el caso de los trigos duros se observó que los genotipos G14, G15, G16 y G18 fueron iguales al testigo.

Peso de Agua Acumulada a las Seis h (PASE).

La comparación de medias se reporta en el Cuadro 4.8 para el variable peso de agua acumulada a las seis h oscilando en un rango de 0.6990 a 1.4670 g, de los cuales los genotipos con mayor incremento en peso de agua acumulada fueron los siguientes: G4 (LR4) con 45 %, G6 (LR6) con 38 %, G5 (LR5) con 37 %, G11 (LR3C) con 34 % y el genotipo con menor incremento fue el genotipo G13 (Testigo harinero) con 25 %. La mayor cantidad de agua acumulada por la semilla de trigo, ocurre en las seis primeras horas a partir de iniciado el contacto de la semilla con el agua, independientemente del genotipo, lo cual puede ser un evento crítico para el inicio de la germinación y el establecimiento del cultivo. Se compararon con el testigo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros), se encontró que los genotipos harineros fueron iguales al testigo, y para el caso de los trigos duros se observó que el genotipo G18 fue superior al testigo, e iguales a este los genotipos G14, G15 y G16.

Peso de Agua Acumulada a las Ocho h (PAO).

En el Cuadro 4.8 se señala la comparación de medias que fluctuaron en un rango de 0.7131 a 1.1627 g. Los genotipos con mayor incremento con respecto al testigo fueron: G4 (LR4) y G5 (LR5) con 43 %, G6 (LR6) con 42 %, G11 (LR3C) y G12 (LR4D) con 37 % y los genotipos con menor incremento fueron: G13 (Testigo harinero), G14 (PM6), G15 (PM7) y G17 (Testigo duro) con 30 %. Se contrastaron con su respectivo testigo para cada grupo (trigos harineros y duros), mostró que los genotipos G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9 y G10 fueron iguales al testigo y los genotipos G11 y G12 fueron inferiores, para los trigos duros se encontró que los genotipos G14, G15, y G16 fueron iguales al testigo y superiores a este el genotipo G18.

Peso de Agua Acumulada a las Diez h (PADI).

La comparación de medias (Cuadro 4.8) se presentaron en un rango de 0.7798 a 1.3150 g. Los genotipos con mayor incremento en peso de agua acumulada fueron los genotipos: G4 (LR4) con 53 %, G5 (LR5) con 49 %, G6 (LR6) con 45 %, G1 (LR1) y el G3 (LR3) con 39 %, y el genotipo que presentó menor incremento fue el G13 (Testigo harinero) con 32 %. Se compararon con el testigo dentro de los grupos harineros y duros, se encontró que los genotipos harineros G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, y G12 fueron iguales al testigo, e inferior a este el G11. Para el caso de los trigos duros se observó que los genotipos G14, G15, G16 fueron iguales al testigo y superiores a este el genotipo G18.

Peso de Agua Acumulada a las Doce h (PADO).

En el Cuadro 4.8 se tiene la comparación de medias se hallaron en un rango de 0.8036 a 1.6161 g los genotipos con mayor incremento fueron los siguientes: G4 (LR4) con 67 %, G5 (LR5) con 55 %, G11 (LR3C) y G12 (LR4D) con 46 %, y el genotipo con menor incremento fue el G13 (Salamanca trigo harinero comercial) con 35 %. El genotipo con mayor incremento de peso de agua acumulada fue el G4 (LR4) correspondiente a trigos harineros. Los genotipos se compararon con el testigo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros), se encontró que los genotipos harineros G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9 y G10 fueron estadísticamente iguales al testigo y los genotipos G11 y G12 fueron inferiores al testigo, para el grupo de trigos duros se observó que el genotipo G18 fue superior al testigo e iguales a este los genotipos G14, G15 y G16.

Por lo que estas difieren en su capacidad de absorción total de agua; lo cual pudiera expresar diferencias, en capacidad higroscópica del gluten o variaciones debidas al cumplimiento total del llenado de grano.

A diferencia del trigo harinero, el trigo macarronero tiene un gluten duro de manera consistente, por lo que se esperaría que hubiera pocas diferencias en calidad higroscópica del gluten. También se descarta de esta discusión las diferencias del llenado de grano, ya que las semillas utilizadas se escogieron eliminando aquellos malformados, quebrados o dañados, por lo que. Se utilizó el peso del mismo como un indicador de tamaño. Un análisis de las relaciones entre al agua total absorbida durante las doce h de imbibición y el peso del grano mediante regresión lineal, reveló que el agua absorbida depende del peso del grano (Cuadro 4.9).

Cuadro 4.9 Análisis de regresión lineal de agua absorbida por semilla de trigo, sobre el peso de semilla.

Tiempo de imbibición (hr)	a	b	R ²
0	3.047	0	0
2	2.499	0.9160**	0.0948
4	2.140	1.144**	0.1716
6	1.9198	1.7136**	0.2496
8	1.8078	1.1571**	0.2796
10	1.6676	1.1509**	0.3369
12	1.5683	1.1045**	0.3458

*,** = Significativo al 0.05 y 0.01 por ciento de probabilidad

a = Ordenada al origen.

b = Coeficiente de regresión.

R² = Coeficiente de determinación.

Tasa de imbibición

El ANVA detectó diferencias altamente significativas entre genotipos para la tasa de imbibición a las cuatro, seis y diez h de imbibición y no significativos a las dos, ocho y doce h (Cuadro 4.10). Los coeficientes de variación fueron < del 20 % con

datos transformados para las variables tasa de imbibición a las dos, 4 y 12h y > del 20 % para las variables tasa de imbibición a las dos, 6, 8 y 10h.

Cuadro 4.10 Resultados del ANVA para la variable tasa de imbibición evaluada a diferentes tiempos en genotipos de trigo.

FV	GL	TID	TIC	TISE	TIO	TIDIE	TIDO
Trat	17	0.402NS	0.26**	0.480**	0.322NS	0.45**	0.357**
Error	54	1.020	0.262	0.423	0.810	0.493	0.456
C.V.%		18.07	16.10	22.48	39.11	27.90	15.97

CV = Coeficiente de variación.

** = Altamente significativo al 0.01 de probabilidad respectivamente.

NS = No significativo.

TID = Tasa de imbibición a las dos h.

TIC = Tasa de imbibición a las cuatro h.

TISE = Tasa de imbibición a las seis h.

TIO = Tasa de imbibición a las ocho h.

TIDIE = Tasa de imbibición a las diez h.

TIDO = Tasa de imbibición a las doce h.

En el Cuadro 4.11 se señalan la comparación de medias para las variables tasa de imbibición a las dos, cuatro, seis, ocho, diez y doce h.

Cuadro 4.11 Comparación de medias para la variable tasa de imbibición evaluada en genotipos de trigo.

Genotipos	TID	TIC	TISE	TIO	TIDIE	TIDO
1	0.5714 =	0.1877 =	0.1339 =	0.0861 -	0.0453 =	0.0243 -
2	0.5653 =	0.1644 =	0.1250 =	0.091 -	0.0678 =	0.0620 -
3	0.4930 =	0.1961 =	0.1420 =	0.0911 -	0.0867 =	0.0728 -
4	0.6843 =	0.2103 =	0.1276 =	0.0706 -	0.0485 =	0.0289 -
5	0.5330 =	0.1452 =	0.1078 -	0.0977 -	0.0524 =	0.0474 -
6	0.5639 =	0.1397 =	0.1286 =	0.1191 =	0.0636 =	0.0364 -
7	0.4728 =	0.1651 =	0.1444 =	0.1306 -	0.0740 =	0.0739 -
8	0.5066 =	0.1233 =	0.1110 -	0.1075 -	0.0829 =	0.0356 -
9	0.5117 =	0.1962 =	0.0885 -	0.0763 -	0.0226 =	0.0153 -
10	0.4906 =	0.1986 =	0.1186 -	0.1124 =	0.0576 =	0.0305 -
11	0.4705 =	0.1209 =	0.1076 -	0.1046 =	0.0611 =	0.0141 -
12	0.4784 =	0.1573 =	0.0864 -	0.0577 -	0.0563 =	0.0555 -
13(T)	0.6574	0.2161	0.2134	0.2032	0.1327	0.1060
14	0.6359 =	0.2630 =	0.2239 =	0.1068 =	0.0893 =	0.0226 =
15	0.6215 =	0.2686 =	0.1986 =	0.1329 =	0.1322 =	0.1024 =
16	0.4617 =	0.1749 =	0.1216 =	0.1080 =	0.1014 =	0.0673 =
17(T)	0.5210	0.2461	0.1766	0.1307	0.1136	0.0830
18	0.8876 =	0.2918 =	0.2877 +	0.1496 =	0.1468 =	0.1376 =
DMS	0.4218	0.0781	0.0975	0.1036	0.0932	0.1877

† Del 1 al 13 trigo harinero y del 14 al 18 trigo duro.

=, +, - Genotipo igual, superior o inferior al testigo respectivo de los grupos de trigo harinero y duro.

PISS	=	Peso inicial de semilla seca.
TID	=	Tasa de imbibición a las dos h.
TIC	=	Tasa de imbibición a las cuatro h.
TISE	=	Tasa de imbibición a las seis h.
TIO	=	Tasa de imbibición a las ocho h.
TIDIE	=	Tasa de imbibición a las diez h.
TIDO	=	Tasa de imbibición a las doce h.

Tasa de Imbibición a las Dos horas (TID).

Para esta variable el Cuadro 4.11 reporta la comparación de medias, mismas que oscilaron en un rango de 0.4228 a 1.0981 g, estos valores se obtuvieron restando los valores del peso de agua acumulada a las dos, cuatro, seis, ocho, diez y doce h. Los genotipos con mayor peso fueron: G16 (LR6) con 1.0981 g (genotipo harinero) y G18 (Ivan50) con 0.8876 g (genotipo duro). Los genotipos se compararon con el

testigo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros), se observó que los genotipos harineros fueron estadísticamente iguales al testigo y para los genotipos duros se observó que los genotipos G14, G15 y G18 fueron estadísticamente iguales al testigo y superior al testigo el G16.

Tasa de Imbibición a las Cuatro h (TIC).

En el Cuadro 4.11 se señalan las medias para esta variable, que oscilaron en un rango de 0.0959 a 0.2918 g. Para obtener una comparación más efectiva y de valor práctico los genotipos se compararon con el testigo dentro del grupo de trigos harineros y duros respectivamente, basándose en la diferencia mínima significativa y se observó que los genotipos harineros fueron iguales al testigo, en los genotipos duros se encontró también que fueron iguales al testigo.

Tasa de Imbibición a las Seis h (TISE).

Para esta variable la comparación de medias se presenta en el Cuadro 4.11 se encontraron en un rango de 0.00864 a 0.2877 g. Los genotipos se compararon con el testigo respectivo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros), se observó que para los genotipos harineros iguales al testigo G1, G3, G4, G6, y G7, e inferiores a este G2, G5, G8, G9, G10, G11 y G12. Los genotipos duros estadísticamente iguales al testigo fueron G14 y G15 y el G16 inferior al testigo y superior a este el genotipo G18.

Tasa de Imbibición a las Ocho h (TIO).

La comparación de medias se señala en el Cuadro 4.11 estas oscilaron en un rango de 0.0763 a 0.2207 g, los genotipos se compararon con el testigo dentro del grupo de trigos harineros y duros. En trigos harineros se encontró que los genotipos G5, G6, G10 y G11 fueron iguales al testigo e inferiores a este G1, G2, G3, G4, G6, G7, G9, y G12. Para el grupo de trigos duros se observó que los genotipos evaluados fueron iguales al testigo.

Tasa de Imbibición a las Diez h (TIDI).

En el Cuadro 4.11 se presenta la comparación de medias para esta variable mismas que se encontraron en un rango de 0.0226 a 0.1468 g. Se compararon con el testigo perteneciente a cada grupo (trigos harineros y duros), se encontró que los genotipos harineros fueron estadísticamente iguales al testigo y en los genotipos duros se observó también que fueron iguales al testigo.

Tasa de Imbibición a las Doce h (TIDO).

Para esta variable aparecen las medias en el Cuadro 4.11, estas se encontraron en un rango de 0.0153 a 0.1376 g. Los genotipos se compararon con su testigo dentro de cada grupo (Trigos harineros y duros), y se observó que los genotipos harineros fueron estadísticamente inferiores al testigo y en los trigos duros se encontró que fueron iguales a Altar-C84.

Con la finalidad de representar la dinámica de la absorción de agua por las semillas se elaboraron gráficas de la tasa de imbibición para cada genotipo y los testigos harineros y duros Salamanca-S75 y Altar C-84 (Figuras A.1- A.19 Apéndice). Las gráficas mostraron que invariablemente, la mayor cantidad de agua absorbida por la semilla de trigo, ocurre en las primeras cuatro h a partir de iniciado el contacto de la semilla con el agua, con el pico de máxima tasa de imbibición a los dos h. Lo más relevante, de estas gráficas respecto a la dinámica de la imbibición de las semillas, es que independientemente del genotipo, la mayor cantidad de agua es absorbida durante las primeras cuatro h, lo cual puede ser un suceso crítico para el inicio de la germinación y el establecimiento del cultivo.

Sanidad

El análisis de varianza encontró diferencias altamente significativas para los patógenos encontrados en la prueba de sanidad en medio de cultivo malta sal agar (MSA) para *Alternaria spp* y *Aspergillus spp*, siendo no significativas para

Cladosporium spp, *Fusarium spp* y *Helmithosporium spp* (Cuadro 4.12). C.V. < 20 % con datos transformados.

Cuadro 4.12 Cuadrados medios y significancia estadística de la variables de sanidad evaluadas en genotipos de trigo en medio de cultivo malta sal agar (MSA).

FV	GL	ASP† (%)	CLAD† (%)	ALT† (%)	FU† (%)	HE† (%)
Genotipo	17	0.0547**	0.0207 NS	0.107**	0.0341 NS	0.00197 NS
Error	54	0.0164	0.0186	0.0278	0.0003	0.00209
C.V. %		0.0164	0.0186	0.0278	0.0038	0.00209

C.V. = Coeficiente de variación.

** = Altamente significativo al 1% de probabilidad respectivamente.

N.S. = No significativo.

ASP = *Aspergillus spp*.

CLAD = *Cladosporium spp*.

ALT = *Alternaria spp*.

FU = *Fusarium spp*.

HE = *Helmithosporium spp*.

En el Cuadro 4.13 se presenta la comparación de medias para los patógenos detectados: *Aspergillus spp*, *Cladosporium spp* y *Alternaria spp* en medio de cultivo Malta – Sal – Agar.

Cuadro 4.13 Resultados de la comparación de medias para los patógenos detectados en la prueba de sanidad en genotipos trigo en medio de cultivo malta sal agar (MSA).

Genotipo †	ASP (%)	CLAD (%)	ALT (%)
1	20.75 +	1.25 -	0 -
2	1.75 =	5.00 =	11.25 =
3	10.50 =	3.25 -	0.75 -
4	2.00 =	3.25 -	10.25 =
5	8.75 =	9.00 =	7.50 =
6	0.75 -	0.75 -	9.50 =
7	6.5 =	3.25 -	1.25 =
8	7.5 =	1.25 -	0 -
9	9.5 =	1.25 -	7.0 =
10	5.75 =	7.75 =	4.5 =
11	7.00 =	1.25 -	0 -
12	11.5 =	0 -	10.75 =
13(T)	7.25	3.25	12.0
14	0 -	1.25 -	21.25 =
15	5.25 -	0.75 -	22 =
16	1.25 -	5.75 -	17.75 =
17 (T)	0.75	2.50	21.50
18	0 -	5.75 =	2.50 -
DMS	7.1426	6.8737	11.206

† Del 1 al 13 trigo harinero y 14 al 18 trigo duro.

=, +, - Genotipo igual, superior o inferior al testigo respectivo de los grupos de trigo harinero y duro.

ASP = *Aspergillus spp.*

ALT = *Alternaria spp.*

CLA = *Cladosporium spp.*

Patógenos detectados en medio de cultivo MSA

Aspergillus spp

Para la prueba sanitaria de este patógeno la comparación de medias se reporta en el Cuadro 4.13, oscilaron en un rango de 0 a 20.75 %. Los genotipos con menor por ciento fueron los siguientes: G14 (PM6) con 0 %, G6 (LR6) y G17 (Testigo duro) con 0.75 %. Los genotipos con mayor porcentaje fueron los siguientes: G1 (LR1) con 20.75 %, G12 (LR3C) con 11.5 %, G3 (LR3) con 10.5%. El microorganismo *Aspergillus spp* detectado en el G1 con 20.75 % no afectó su calidad fisiológica. El genotipo menos infectado fue el G14 (PM6) correspondiente a trigos duros.

Cladosporium spp

En el Cuadro 4.13 se señala la comparación de medias DMS para esta variable oscilando en un rango de 0 a 9 %, los genotipos con menor por ciento fueron los siguientes: G12 (LR4D) con 0 %, G15 (PM6) y G6 (LR6) con 0.75 %. Los genotipos con mayor por ciento fueron: G5 (LR5) con 9 % y G10 (LR2B) con 7.75 %. Con estos porcentajes bajos no se afectó la calidad fisiológica del cultivo ni su capacidad de germinación. El G13 testigo harinero con 3.25% mostró menor por ciento que el G5, y el G17 (testigo duro) con 2.5 % fue menor a los genotipos G18 (Ivan 50) y G16 (PM23).

Alternaria spp

La comparación de medias DMS para esta variable se indica en el Cuadro 4.13 encontrándose en un rango de 0 a 22%. Los genotipos con menor infestación fueron G8 (LR8), G1 (LR1), G11 (LR3C) con 0 % y los genotipos con mayor por ciento: G15 (PM7) con 22 %, G17 (Testigo duro) con 21.5 %, G14 (PM6) con 21.25 % y el G16 (PM23) con 17.75 %. El G13 testigo harinero con 12 % fue mayor que para los genotipos harineros. El por ciento de G17 testigo duro fue menor que para el genotipo G15.

La presencia de *Aspergillus spp* se debe principalmente a las condiciones de almacenamiento no controladas.

El ANVA detectó diferencias altamente significativas entre genotipos para los patógenos detectados *Aspergillus spp*, *Alternaria spp* y no significativas para los patógenos *Cladosporium spp*, *Fusarium spp*, *Helmithosporum spp*, *Penicillium spp*, *Rhizophus spp*. Cuadro 4.14. C.V. < del 20 % con datos transformados.

En el Cuadro 4.15 se presenta la comparación de medias para los patógenos detectados: *Aspergillus spp*, *Cladosporium spp*, *Alternaria spp*, en la prueba de sanidad en genotipos de trigo en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA).

Cuadro 4.15 Comparación de medias en los patógenos detectados en la prueba de sanidad en genotipos de trigo en medio de cultivo papa dextrosa agar (PDA).

GENOTIPOS	ASP (%)	CLAD (%)	ALT (%)
1	5.75 +	0 -	0 -
2	2.5 =	0 -	10 =
3	5.00 +	1.25 -	8.75 =
4	2.25 =	8.25 =	10.8 =
5	2.00 =	9.0 =	2.5 -
6	0 -	11.5 =	11.25 =
7	2.5 =	8.25 =	0 -
8	12.25 +	5.75 =	0 -
9	3.75 =	1.25 -	3.25 -
10	5.25 +	9.50 =	9.5 =
11	0 -	2.50 -	14.0 =
12	2.75 =	0 -	15.8 =
13	0 -	6.25 =	16.2
14	0 -	3.25 -	25.0 =
15	0 -	5.75 -	16.25 =
16	2.75 -	1.25 -	25.0 =
17	0 -	0 -	22.5
18	0 -	0 -	17.75 =
DMS	4.824	10.19	11.519

† Del 1 Al 13 trigo harinero y del 14 al 18 trigo duro.

=, +,- Genotipo igual, superior o inferior al testigo respectivo de los grupos de trigo harinero y duro.

ASP = *Aspergillus spp*.

CLA = *Cladosporium spp*.

ALT = *Alternaria spp*.

Patógenos detectados en medio de cultivo PDA

Para la presencia de *Aspergillus spp* la comparación de medias se muestra en el Cuadro 4.15 aquí se observa que los genotipos oscilaron en un rango de 0 a

12.25 %, los genotipos con menor por ciento fueron los siguientes: G6 (LR6), G11 (LR3C), G13(testigo harinero), G14 (PM6), G15(PM7), G17 (testigo duro) y G18 (Ivan 50) con 0 %, y los genotipos con mayor porcentaje fueron los siguientes: G8 (LR8) con 12.25 %, G1 (LR1) con 5.75 %, G10 (LR2B) con 5.25 %. No obstante parece ser que *Aspergillus spp* detectado en el G8 en mayor porcentaje de 12.25 % no afectó su calidad fisiológica.

En el Cuadro 4.15 se señala la comparación de medias DMS para *Cladosporium spp* oscilando en un rango de 0 a 11.5 % los genotipos con menor por ciento fueron los siguientes: G1 (LR1), G2 (LR2), G12 (LR4D), G17 (testigo duro) y G18 (Ivan 50) con 0%. Por otra parte Los genotipos con mayor por ciento fueron: G6 (LR6) con 11.5 %, G10 (LR2B) con 9.5%, G4 (LR4) y G6 (LR6) con 8.25 %. Con estos porcentajes bajos no se afectó la calidad fisiológica del cultivo ni su capacidad de germinación.

Otro organismo detectado fue *Alternaria spp*, la comparación de medias DMS para esta variable se indica en el Cuadro 4.15 encontrándose en un rango de 0 a 25 %, los genotipos con menor infestación fueron los genotipos G1 (LR1), G7 (LR7), G8 (LR8), con 0 % y los genotipos con mayor por ciento: G16 (PM23) y G14 (PM6) con 25 %, con G17 (Testigo duro) con 22.5 %, G18 (Ivan 50) con 17.75 %, G15 (PM7) con 16.25 % y G13 (testigo harinero) con 16.2 %.

El medio de cultivo PDA es específico para hongos de campo, sin embargo se observó la presencia de *Aspergillus spp* debido a las condiciones de almacenamiento no controladas.

Variables agronómicas medidas en invernadero

El ANVA no detectó diferencias significativas entre genotipos para las variables agronómicas; número de plántulas emergidas, días a primera hoja, altura y macollos productivos, índice de velocidad de emergencia y emergencia total (Cuadro 4.16). Los

coeficientes de variación fueron menores del 20 % para las variables: número de plántulas emergidas, días a primera hoja y emergencia total con datos transformados las variables altura de planta, índice de velocidad de emergencia y macollos productivos que fue mayor del 20 %.

Cuadro 4.16 Cuadrados medios y significancia estadística para las variables agronómicas evaluadas en invernadero en genotipos de trigo.

F.V.	G.L.	NOPE (n)	DAPH (n)	A (cm)	MP (n)	IVE	ET (%)
Trat	17	33.33 NS	2.42S NS	4.637 NS	13.24 NS	2.29 NS	1010 NS
Rep	2	0.44 NS	0.059 NS	0.254NS	0.268 NS	0.15 NS	33.03 NS
Error	34	53.55	4.60	6.40	17.76	3.23	2527.5
C.V. %		9.11	7.13	5.17	26.76	13.31	9.27

C.V. = Coeficiente de variación.

*,** = Significativo al 1% de probabilidad.

n = Número de hojas emergidas por día.

NS = No significativo.

NOPE = Número de plántulas emergidas.

DAPH = Días a primera hoja.

A = Altura.

MP = Macollos productivos.

IVE = Índice de velocidad de emergencia.

ET = Emergencia total.

Cuadro 4.16 Cuadrados medios y significancia estadística para las variables agronómicas evaluadas en invernadero en genotipos de trigo.

F.V.	G.L.	NOPE (n)	DAPH (n)	A (cm)	MP (n)	IVE	ET (%)
Trat	17	33.33 NS	2.42S NS	4.637 NS	13.24 NS	2.29 NS	1010 NS
Rep	2	0.44 NS	0.059 NS	0.254NS	0.268 NS	0.15 NS	33.03 NS
Error	34	53.55	4.60	6.40	17.76	3.23	2527.5
C.V. %		9.11	7.13	5.17	26.76	13.31	9.27

C.V. = Coeficiente de variación.

*,** = Significativo al 1% de probabilidad.

n = Número de hojas emergidas por día.

NS = No significativo.

NOPE = Número de plántulas emergidas.

DAPH = Días a primera hoja.

A = Altura.

MP = Macollos productivos.

IVE = Índice de velocidad de emergencia.

ET = Emergencia total.

En el Cuadro 4.17 se presenta la comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas en invernadero: número de plántulas emergidas días a primera hoja, altura, macollos productivos, índice de vigor y emergencia total.

Cuadro 4.17 Resultados de la comparación de medias para las variables agronómicas evaluadas en genotipos de trigo en invernadero.

Genotipos	NOPE (n)	DAPH (n)	A (cm)	MP (n)	IVE	ET (%)
1	14 =	5.33 +	72 =	2.66 =	4.55 =	93.3 =
2	15 =	5.0 =	75 =	2.66 =	6.21 =	100 =
3	14 =	5.0 =	68 -	2.33 =	6.31 =	91 =
4	15 =	5.0 =	72 =	2 -	6.99 =	100 =
5	14 =	5.0 =	73 =	2.33 =	6.60 =	95.3 =
6	14 =	5.0 =	76.6 =	2.33 =	3.97 =	95.3 =
7	13 =	5.0 =	74 =	3.0 =	4.78 =	89 =
8	13 =	5.0 =	76.7 =	3.6 =	5.39 =	88.7 =
9	14 =	5.0 =	67 -	2.66 =	4.81 =	95.3 =
10	14 =	5.0 =	73 =	3.33 =	5.88 =	95.7 =
11	14 =	5.0 =	70.7 =	3.0 =	6.28 =	93.3 =
12	14 =	5.0 =	64 -	2.33 =	6.49 =	93.3 =
13(T)	15	5.0	75.3	3.0	5.97	97.7
14	14 =	6.0 +	67 =	2.66 =	5.37 =	91 =
15	14 =	5.0 =	62 =	2.0 =	5.41 =	93.3 =
16	13 =	5.0 =	65.3 =	2.66 =	5.65 =	84.3 =
17 (T)	14	5.0	66.7	2.33	4.11	91
18	12 =	5.0 =	66.7 =	2.33 =	3.95 =	77.7 =
DMS	2.0825	0.3098	6.6398	0.9229	2.2891	13.953

† Del 1 al 13 trigo harinero y del 14 al 18 trigo duro.

=, +, - Genotipo igual, superior o inferior al testigo respectivo de los grupos de trigo harinero y duro.

NOPE = Número de plántulas emergidas.

DAPH = Días a primera hoja.

A = Altura.

MP = Macollos Productivos.

IVE = Índice de velocidad de emergencia.

ET = Emergencia total.

Número de plántulas emergidas (NOPE).

La comparación de medias para esta variable se observa en el Cuadro 4.17, estas se encontraron en un rango de 12 – 15 plántulas. Los genotipos con mayor número fueron, G2, G4 y G13 con 15 plántulas G1, G3, G5, G6, G9, G10, G11, G12, G14, G15 y G17 con 14 plántulas y los genotipos G7, G8 y G16 con 13 plántulas y el G18 con 12 plántulas. Los genotipos se compararon con el testigo respectivo dentro de cada grupo (trigos harineros y duros), se encontró que los trigos harineros y duros fueron iguales al testigo.

Días a Primera Hoja (DAPH).

La comparación de medias para esta variable agronómica se presenta en el Cuadro 4.17, estas oscilaron en un rango de 5 – 6 días. Los genotipos que presentaron mayor número de días fueron los genotipos G1 con 5.33 y el G14 con 6 días. Los trigos harineros y duros se compararon con el testigo de acuerdo a la diferencia mínima significativa y se observó que para los trigos harineros el G1 fue superior al testigo e iguales a este del G2 al G12. Para los trigos duros se encontró que el G14 fue superior al testigo, iguales a este los G15, G16, y G18.

Altura (A).

En el Cuadro 4.17 se observa la comparación de medias para esta variable mismas que se encontraron en un rango de 62 a 76.6 cm. Los genotipos que presentaron mayor altura fueron los siguientes: G8 con 76.7 cm, G6 con 76.6 cm, G13 (testigo harinero) con 75.3 cm, G2 con 75 cm, G13, G5 y G10 con 73 cm, G1 y G4 con 72 cm, y el de menor altura fue el G15 con 62 cm. Los genotipos se compararon con el testigo perteneciente a cada grupo (Trigos harineros y duros). Se encontró que en los trigos harineros G3, G9 y G12 fueron inferiores al testigo, iguales a este los genotipos G1 al G11. Para el grupo de trigos duros se observó que los genotipos fueron iguales al testigo.

Macollos totales (MT).

La comparación de medias para esta variable se observa en el Cuadro 4.17, se encontraron en un rango de 2 – 3.6. Los genotipos con mayor número de macollos fueron: G8 con 3.6 macollos, G10 con 3.33 los genotipos G7 y G11 con 3.0 y los genotipos con menos macollos G4 y G15 con 2. Los genotipos se compararon con el testigo de cada grupo (trigos harineros y duros), y se observó que para los trigos

harineros el G4 fue inferior al testigo e iguales a este los genotipos G1 al G12, el grupo de trigos duros resultó ser iguales al testigo.

Índice de velocidad de emergencia (IVE).

Para esta variable la comparación de medias se observa en el Cuadro 4.17, estas oscilaron en un rango de 3.95 – 6.99. Los genotipos que presentaron menor índice de emergencia fueron los genotipos G6 con 3.97 y G18 con 3.95, y los que mostraron mayor índice de emergencia fueron los genotipos G4 con 6.99, G12 con 6.49, G5 con 6.60, G3 con 6.31 y G11 con 6.28. Los genotipos se compararon con el testigo de los grupos harineros y duros respectivamente para obtener un valor más práctico basándose en la diferencia mínima significativa se observó que los trigos harineros fueron iguales al testigo y para los trigos duros se observó también que fueron iguales al testigo.

Emergencia Total (ET).

En el Cuadro 4.17 se presenta la comparación de medias para esta variable se encontró en un rango de 77.7 – 100 %, los genotipos con mayor por ciento de emergencia fueron G2 y G14 con 100 %, G13 con 97.7 %, G5, G6 y G9 con 95.3 %, G1, G11, G12 con 93.3 %, G3, G14 y G17 con 91 % y con por ciento menor el G18 con 77.7 %. Los genotipos se compararon con el testigo respectivo para cada grupo (trigos harineros y duros), y se encontró que tanto los trigos harineros y duros fueron iguales al testigo.

Con la finalidad de representar la dinámica de la emergencia total de las semillas en invernadero se elaboraron gráficas para cada genotipo incluyendo los testigos harineros y duros Salamanca-S75 y Altar C-84 (Figuras A.20 – A.35 Apéndice). El análisis de las gráficas de la emergencia total de cada genotipo, mostró que invariablemente la mayor emergencia de la semilla de trigo, inicia en los primeros días con el pico de máxima emergencia a los siete días.

Para establecer la relación de emergencia total en invernadero con las variables evaluadas en laboratorio se realizó un análisis de regresión múltiple por medio del procedimiento Stepwise para trigos harineros, los resultados se presentan en el Cuadro 4.18.

Cuadro 4.18 Resultados del análisis de regresión múltiple para genotipos de trigos harineros.

Variable	R** 2 Parcial	R** 2 Modelo	a	b
ET			28.7222	
PV	0.1050	0.7747		0.5979**
SMCG	0.0756	0.8503		-0.4321**
PISS	0.0294	0.9356		-3.4914NS
PAD	0.5192	0.5192		129.127**
PASE	0.1505	0.6697		-36.7924**
TIDO	0.0560	0.9063		-43.4068**

ET	=	Emergencia total.
PV	=	Peso volumétrico.
SMCG	=	Semillas muertas (Capacidad de germinación).
PISS	=	Peso inicial de semilla seca.
PAD	=	Peso de agua acumulada a las dos h.
PASE	=	Peso de agua acumulada a las seis h.
TIDO	=	Tasa de imbibición a las 12 h.
***	=	Significativo al 0.05 y 0.01 por ciento de probabilidad.
NS	=	No significativo.
a	=	Ordenada al origen.
b	=	Coefficiente de regresión.

De acuerdo con los coeficientes de determinación parcial, la emergencia total en invernadero depende principalmente de la capacidad de imbibición a las dos h, seguido por la capacidad de imbibición a las seis h, así como del PV (Peso volumétrico) de la semilla. Esta influenciado también por SMCG (semillas muertas del ensayo de capacidad de germinación), TIDO (tasa de imbibición a las ocho h) y PISS (peso inicial de semilla seca) tal como se aprecia en el Cuadro 4.18.

Se esperaba que la emergencia en invernadero tuviese relación con capacidad de germinación, vigor al primer conteo, vigor de plántulas fuertes, vigor de crecimiento de plántula, sin embargo las variables que presentaron mayor peso en relación a la emergencia en invernadero fueron peso volumétrico, peso de agua acumulada a las

dos y seis h, el agua absorbida contribuye para que se inicie la germinación y las actividades metabólicas como la respiración y la síntesis de proteínas, así como la formación y llenado del grano.

Para establecer la relación de emergencia total en invernadero con las variables evaluadas en laboratorio se realizó un análisis de regresión múltiple por medio del procedimiento Stepwise para trigos duros, los resultados se presentan en el Cuadro 4.19.

Cuadro 4.19. Resultados del análisis de regresión múltiple evaluadas en genotipos de trigos duros.

Variable	R**2 Parcial	R**2 Modelo	a	b
ET			-19.4996	
PV	0.8987	0.8987		2.1944**
TCPB	0.0965	0.9953		-3.0177*
PADO	0.0046	0.9999		-2.0766**

ET = Emergencia total.

PV = Peso volumétrico.

TCPB = Tasa de crecimiento de plántula (Peso seco total /plántulas normales).

PADO = Peso de agua acumulada a las ocho h.

*,** = Significativo al 0.05 y 0.01 por ciento de probabilidad.

a = Ordenada al origen.

b = Coeficiente de regresión.

Al realizar regresión múltiple, los valores de interceptos y coeficientes de regresión obtenidos mediante el procedimiento Stepwise para la variable dependiente ET con las variables de laboratorio, depende principalmente del PV (peso volumétrico), seguido por el TCP (Peso seco/ plántulas normales) y el agua total acumulada a las doce h después de la prueba de imbibición.

Se esperaba que la emergencia en invernadero tuviese relación con la capacidad de germinación, vigor al primer conteo, vigor de plántulas fuertes, crecimiento de plántula, potencial de almacenamiento, sin embargo la variable que presentó mayor peso en relación directa a emergencia en invernadero fue peso volumétrico, y con una relación indirecta tasa de crecimiento de plántula y agua acumulada a las doce horas. La tasa de crecimiento esta relacionada con el desarrollo vegetativo en el campo y el agua acumulada contribuye a la iniciación de la germinación y los procesos metabólicos.

CONCLUSIONES

- Los genotipos de trigos harineros presentaron mejor calidad fisiológica (Capacidad de germinación, vigor de plántulas fuertes, vigor al primer conteo, tasa de crecimiento de plántula, vigor de crecimiento de plántula) que los genotipos de trigos duros. Por otra parte los trigos duros tuvieron mejor calidad física expresada en un mayor Peso de mil semillas y peso volumétrico. Los resultados de calidad fisiológica se pueden atribuir a que los trigos duros tenían más tiempo almacenados.
- Los genotipos de trigos duros producidos en Navidad, N.L. durante el ciclo 1998 - 1999, mostraron en promedio mejores índices de calidad física, mayor peso inicial de semilla seca, (característica de la especie) y mejor capacidad de absorción de agua (gluten más duro). Los genotipos harineros producidos en Celaya, Gto., en el ciclo 2000-2001, presentaron niveles más altos de calidad fisiológica (capacidad de germinación, vigor de plántulas fuertes, vigor al primer conteo, tasa de crecimiento de plántula, vigor de crecimiento de plántulas). Con relación a sanidad los trigos harineros y duros presentaron *Aspergillus spp* (0 - 25 %), *Cladosporium spp* (0 -9 %) y *Alternaria spp* (0 - 25 %).
- Los ensayos de vigor permitieron separar los genotipos de acuerdo a su calidad fisiológica. La germinación y vigor no reflejaron el potencial de establecimiento del cultivo en invernadero. Para el grupo de trigos harineros los atributos de calidad

que estimaron el potencial de emergencia en invernadero son: capacidad de imbibición a las dos y seis h, agua total acumulada a las 12 horas de la prueba de imbibición, semillas muertas en la prueba de germinación y peso volumétrico.

Para el grupo de trigos duros los atributos de calidad que estimaron el potencial de emergencia en invernadero fueron: peso volumétrico, tasa de crecimiento de plántula (peso seco) y agua total acumulada a las doce h de imbibición.

- La mayor cantidad de agua acumulada por la semilla en genotipos de trigo ocurre en las seis primeras horas a partir de iniciado el contacto de la semilla con el agua, independientemente del genotipo, lo cual podría ser un evento crítico para el inicio de la germinación y el establecimiento del cultivo en invernadero. Lo anterior sugiere la necesidad de que haya suficiente agua disponible especialmente durante el inicio de la germinación.

RESUMEN

Dada la importancia que tiene el uso de una semilla de alta calidad para la rentabilidad de un cultivo, la evaluación periódica mediante pruebas de laboratorio que permiten que la semilla llegue al agricultor con la información real y confiable de la calidad que presenta, tiene un papel muy importante y la determinación de características de las semillas que influyen en su calidad son innegables. Sin embargo, la prueba de germinación estándar que es la más utilizada en los laboratorios para evaluar la condición fisiológica de la semilla no predice su comportamiento en campo lo cual hace necesario realizar pruebas de vigor. La investigación se realizó en dos etapas. La etapa de invernadero en Buenavista, Saltillo, Coah. Y la de laboratorio en el Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de Semillas en la misma Universidad.

Se evaluaron 12 genotipos de trigo harinero comparándose con la variable comercial Salamanca S-75 y cuatro de trigo duro comparándose con la variedad comercial Altar-84.

Las variables físicas y fisiológicas evaluadas en laboratorio son: contenido de humedad (CH), peso de mil semillas (PMS), peso volumétrico (PV), capacidad de germinación (CG), vigor al primer conteo (VPC), vigor de plántulas fuertes (VPF), tasa de crecimiento de plántula (TCP, peso seco), vigor de crecimiento de plántula (VCP longitud media de plúmula), capacidad de absorción de agua (agua acumulada y tasa de imbibición). Además pruebas sanitarias evaluadas en medios de cultivo Malta Sal Agar (MSA) y Papa Dextrosa Agar (PDA).

Y las variables agronómicas evaluadas en invernadero fueron días a primera hoja, (DAPH), número de plántulas emergidas (NOPE), altura de planta (A), número de macollos totales (MT), índice de velocidad de emergencia (IVE) y emergencia total (ET).

Con el fin de identificar diferencias los genotipos de trigo se realizaron los análisis de varianza (ANVA), correspondientes. Las variables en laboratorio se analizaron de acuerdo a un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones. Las variables evaluadas en invernadero se analizaron de acuerdo a un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones. Para conocer con mayor exactitud las diferencias de las medias entre los genotipos, se usó la prueba de rango múltiple DMS (Diferencia mínima significativa). Se utilizó regresión lineal para establecer la relación entre el peso seco de la semilla y el agua acumulada, se utilizó también regresión múltiple por medio del procedimiento Stepwise, el cual consistió en incorporar las variables que presentaron mayor relación con respecto a la variable dependiente.

Los genotipos de trigos harineros presentaron mejor calidad fisiológica que los genotipos de trigos duros, sin embargo, los últimos tuvieron mejor calidad física. Un factor a considerar es el hecho de que los trigos duros estuvieron almacenados por más de un año.

Los genotipos de trigos duros producidos en Navidad, N.L., (1998-1999), mostraron en promedio mejores índices de calidad física, mayor peso inicial de semilla seca (característica de la especie), mejor capacidad de absorción de agua (gluten más duro), excepto para sanidad donde la presencia de *Alternaria spp* fue mayor. Los genotipos harineros producidos en Celaya 2000 -2201, Gto., resultaron en niveles más altos de calidad fisiológica, excepto para sanidad donde la presencia de *Aspergillus spp* fue mayor debido a las condiciones de almacenamiento no controladas.

Los ensayos de vigor permitieron separar los genotipos de acuerdo a su calidad fisiológica, influenciada por el tiempo de almacenamiento. La germinación y vigor no reflejaron el potencial de establecimiento del cultivo en invernadero.

La mayor cantidad de agua acumulada por la semilla de genotipos de trigo ocurre en las seis primeras horas a partir de iniciado el contacto de la semilla con el agua, independientemente del genotipo, lo cual podría ser un evento crítico para el inicio el proceso de la germinación y el establecimiento del cultivo.

LITERATURA CITADA

- Amaral, A. D.S. 1983. Accelerated aging a test of seed vigour. *Laurova Arrozzeira*. 36 (343): 21-25. Brasil.
- Alcocer, E. B. 2000 Imbibición, atributos de calidad en semilla de trigo macarronero *Triticum furhidum* var. *durum* y su efecto sobre el cultivo. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah, México.
- Andrews, H. 1978. Vigor de la semilla. Curso de tecnología de semillas. CIAT. Cali, Colombia.
- Association of Oficial Seed Analysts. (AOSA). 1983. Seed vigor, testing handbook. The Seed vigor test committee of the AOSA. pp. 5-37.
- Baskin, C.C. 1987. Accelerated aging test. *ISTA Handbook of vigour test methods*. 2nd ed. Zurich, Switzerland. p. 72.
- Bewley, J.D. and M. Black 1984. *Seed physiology of development and germination*. Berlin, Heidelberg, New York, Springer-Verlang.
- Bidwell. R., G.S. 1979. *Fisiología Vegetal*. A.G.T. Editor S.A. México. p. 71.
- Bustamante, G., L.A. 1995. Pruebas de vigor en semillas y sus aplicaciones. VII Curso de actualización de tecnología de semillas, Memorias. Buenavista, Saltillo, Coah. México. 26 -27 Octubre 1995.p.35.
- Chalam, G.V., A S. Singhand and J .E. Douglas. 1967. *Seed Testing Manual*. Indian Council of Agr. Res. and Aid. New Delhi, India.
- Christensen, C.M. 1972. *Microflora and seed deterioration in viability of seeds*. Syracuse University Press. Great Britain pp. 59-93.
- Christensen, C.M. and Kaufmann, H.H. 1974. *Storage of cereal grains and their products*. 2nd.ed. St. Paul, Minnesota, Chemist . U.S.A., American Association of Cereal 549 p.
- Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL). *Carta topográfica*. G14 cb3.1 ½ Ed. Saltillo, Coahuila. México 1 p.

- Copeland, L.O. and M.B. Mc Donald. 1985. Principles of seed science and technology. 2nd.ed. McMillan Publishing Company p. 321.
- Curiova, S. and M. Vlasak . 1984. The variability of cultivars in response to the accelerated aging of seeds. Sbornik UVTIZ Genetika a Slechteni. 20 (2): 127 -131. Czechoslovakia.
- Delouche, J.C. 1973. The problem of vigor. Proc. MS Short Course. Seed technology laboratory. Mississippi State University. USA. p.19.
- Delouche, J.C. and C.C. Baskin. 1976. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. Seed Sci. and Tech. 1(2) :427-452.
- Echandi, R. 1978. Materiales y equipos y procedimientos para pruebas de germinación. Curso de tecnología de semillas. CIAT. Cali, Colombia.
- Fernández, S. J. 1985. Glosario de términos usados en semillas. Centro de Agricultura tropical. Cali, Colombia. p.11.
- Filipenko, G.I. 1983. Peculiarities of physiological and biochemical changes in barley and wheat seeds during accelerated aging. Nauchno tekhnicheskoi. Byulleten' Vsesoyuznogo Ordena Lenina i Ordena Druzhby Narodov Nauchno-issledovatel' skogo Instituta Rastenievodstva Himen N.I. Vavilova. (No.128):19-21. U.S.S.R.
- Flores, M.J. 1989. Efecto de los factores ambientales sobre la calidad de semilla de sorgo (*Sorghum bicolor* L.) después de madurez fisiológica. Tesis de Maestría en Tecnología de Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah, México.
- Fokarnov, A. M. and I.I. Akmanov. 1983. Interrelationship between nutrient quality of seeds and the degree of leaching from them. Seleksiya i Semenodstvo. (No.2): 41-43. U.S.S.R.
- Garay, E.A. 1985. Calidad de las semillas y su importancia en la productividad. Curso tecnología de semillas. CIAT, Cali, Colombia.
- Hanson, H., N.E. Borlavy y R. G. Anderson. 1985. Trigo en el tercer mundo; CIMMYT, México p.166.
- Hebbletwaite, P.D. 1980. Producción moderna de semillas. Ed. Agropecuaria. Montevideo. Uruguay.
- Hernandez, S.A. 1987. Introducción al mejoramiento genético de cereales de grano pequeño. SARH- INIFAP. México. p. 84.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1996. Rules for Seed Testing. Vol.24 supplement. The Netherlands.

- Jara C., T. V. 1993. Potencial de pruebas de vigor para el ensayo de semillas de trigo (*Triticum aestivum* L.). Tesis de Maestría en Tecnología de semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah, México.
- Kovar, M .1987. Wheat seed vigour. SBORNIK uvtiz, Genetika a Slecteni, 23(4):289-297. Czechoslovakia.
- Lees, P. 1980. Vigor de las semillas. Clave de las mejores cosechas. Agricultura de las Américas. 29:15-39 Kansas, U.S.A.
- Maguire, J.D.1962. Speed of germination and in selection and evaluation for seedling emergence and vigour. Crop Sci. pp. 176-177.
- Maguirre, J.D. 1977. Seed quality and germination in: The physiology and biochemistry of seed dormancy and gemination Khan. A.A. (ed). North Hollamd Pub. New York. USA. p.447.
- Martínez M., V.M. 1989. Efecto de las características físicas sobre calidad de semillas de maíz. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista, Saltillo,Coah. México. p.42.
- Mc Donald Jr. M.B 1977. The influence of seed moisture on the accelerated aging seed vigor test. J. of Seed Tech. 2(1):12-28 U.S.A.
- Miranda F. 1984. Vigor y pruebas de vigor de semillas. Conferencia VIII Curso de postgrado en tecnología de semillas. CIAT, Cali Colombia. p.18.
- Molina Moreno, J. 1992. Pruebas de vigor para semillas de maíz y su relación con el establecimiento en campo. Rev. Fitotec. Méx. 15:10-21.
- Moreno, M., E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos almacenados y sus derivados. Programa Universitario de Almacenamiento. UNAM.
- Moreno, M.,E. 1995. Los hongos de almacén y las micotoxinas. I Curso taller internacional sobre métodos para la detección de patógenos en semillas. Memorias, Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Moreno M., E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. UNAM. México. p. 152.
- Murdock H.L. and M.E. Foley. 1992. Imbibition of water in dormant and after ripened wild oat caryopses and embryos. NCWSS proceeding Vol . 47.
- Neergaard, P.1977. Seed pathology. John Wiley & Sons, New, York. Vol I and Vol II. p. 127-130.
- Odiemah, M. 1987. Germinability and vigour of wheat seed compartment at different periods of storage. Acta Agronómica Hungarica. 36(3-4):303-308. Hungary.

- Perry, D.A. 1977. A vigour test for seeds of barley (*Hordeum vulgare*) based on measurement of plumule growth. *Seed. Sci. and Tech.* 5:709-719. Netherlands.
- Perry, D.A 1980. The concept of seed vigor and its relevance to seed production techniques. In: Hebbethwaite, P.D Seed Production Butterworth Co. Great Britain. p. 5.
- Perry, D.A. 1987. Introduction: Methodology and application of vigour tests: Growth and evaluation tests: Topographical Tetrazolium Test. ISTA. Handbook of vigour test methods. 2nd ed. Zurich, Switzerland. p.72.
- Peretti, A. 1994. Manual para el análisis de semillas. INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Editorial Hemisferio Sur. Argentina.
- Popinigis, F. 1985. Fisiología de Semente 2a Ed. Brasilia, D.F. p. 40-68.
- Robles, S. R. 1990. Producción de granos y forrajes. 5^a edición. Editorial Limusa. México, D.F.
- Rosas, R. M. 1991. The effect of seed borne fungi on seed vigour in cereals. *Revista Mexicana de fitopatología.* 9: 31-37.
- Statistical Analysis System (SAS). 1996. Software release 6.12 for Windows. SAS Institute, Cary, North Carolina USA.
- Sayers, R. 1982. Pruebas de germinación y vigor. II Curso de actualización sobre tecnología de semillas. Memorias. Buenavista, Saltillo, Coahuila. México.p.152. Octubre.1982.
- Scade, J. 1975. Cereales. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Sinclair, J.B. 1979. Seed pathology the basics. In proceedings short course for seedmen. Mississippi State, USA vol(22):7-15.
- Sinclair, J.B. 1995. Standarization of methods for the detection of seed phatogens. I Curso taller internacional sobre métodos para la detección de patógenos en semillas Memorias. Buenavista, Saltillo, Coah. México. Con. Nal. de Fitopatología. Buenavista, Saltillo, Coah. México. p.152.
- Steiner, J.J., D.F. Grabe and M. Tulo. 1989. Single and multiple vigor tests for predicting seedling emergence of wheat. *Crop Sci.* 29 (3):782-786. U.S.A.
- Thomson, J. R. 1979. An introduction to seed technology. Thomson Litho. Ltd East Kilbride, Scotland, U.K. pp. 1-15.

Steel, R.G.D. y J.H. Torrie. 1988. Bioestadística: Principios y procedimientos. 2ª ed. Mc Graw Hill. México. pp. 580 - 581.

Unión internacional para la protección de las obtenciones vegetales (UPOV). 1996. Corrigendum a las directrices para la ejecución del examen de la distinción, la homogeneidad y la estabilidad en trigo (*Triticum aestivum* L.).

INDICE DE APENDICE

	Página
Propiedades Físicas evaluadas en genotipos de trigo.....	81
Cuadro A.1 Resultados de las variables físicas evaluadas en genotipos de trigo.....	82
Cuadro A.2 Resultados del análisis de pureza evaluado en genotipos de trigo.....	83
Cuadro A.3 Resultados de las variables fisiológicas evaluadas en trigo.....	84
Cuadro A.4. Resultados de sanidad patógenos detectados en la prueba sanitaria en genotipos de trigo.....	85
Cuadro A.5 Resultados de los patógenos detectados en la prueba sanitaria en genotipos de trigo.....	86
Figura A.1 Imbibición G1 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	87
Figura A.2 Imbibición G1 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	87
Figura A.3 Imbibición G3 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	87
Figura A.4 Imbibición G4 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	87
Figura A.5 Imbibición G5 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	87
Figura A.6 Imbibición G6 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	87
Figura A.7 Imbibición G7 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	88
Figura A.8 Imbibición G 8 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	88
Figura A.9 Imbibición G9 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	88
Figura A.11 Imbibición G11 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	88
Figura A.12 Imbibición G12 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	88
Figura A.13 Imbibición G14 comparada con G17 (Altar C-84).....	89
Figura A.14 Imbibición G15 comparada con G17 (Altar C-84).....	89
Figura A.15 Imbibición G16 comparada con G17 (Altar C-84).....	89
Figura A.16 Imbibición G18 comparada con G17 (Altar C-84).....	89

	80
Figura A.17 Imbibición G1-G12 comparada con G13.....	90
Figura A.18 Imbibición G14-G18 comparada con G17.....	90
Figura A.19 Imbibición G1-G13 comparada con G14-G17.....	90
Figura. A.20 Emergencia G1 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	91
Figura. A.21 Emergencia G2 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	91
Figura. A.22 Emergencia G3 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	91
Figura. A.23 Emergencia G4 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	91
Figura. A.24 Emergencia G5 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	91
Figura. A.25 Emergencia G6 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	91
Figura. A.26 Emergencia G7 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	92
Figura. A.27 Emergencia G8 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	92
Figura. A.28 Emergencia G9 comparada con G13 (Salamanca S-75).....	92
Figura. A.29 Emergencia G10 comparada con G13 (Salamanca S-75)....	92
Figura. A.30 Emergencia G11 comparada con G13 (Salamanca S-75)....	92
Figura. A.31 Emergencia G12 comparada con G13 (Salamanca S-75)....	92
Figura. A.32 Emergencia G14 comparada con G17 (Altar C-84).....	93
Figura. A.33 Emergencia G15 comparada con G17 (Altar C-84).....	93
Figura. A.34 Emergencia G16 comparada con G17 (Altar C-84).....	93
Figura. A.35 Emergencia G18 comparada con G17 (Altar C-84).....	93

Propiedades Físicas evaluadas en genotipos de trigo

Color predominante de las semillas y su porcentaje (CPS). Característica nominal. Se evaluó siguiendo la clasificación propuesta por Unión Internacional para la Protección de las Obtenciones Vegetales (UPOV, 1996). Esta incluyó los colores: blanco, rojo y ámbar.

Forma predominante de la semilla y su porcentaje (FPS). Característica nominal. Se evaluó siguiendo la clasificación propuesta por Unión Internacional para la Protección de Las Obtenciones Vegetales (UPOV, 1996). La cual incluyó las siguientes: ovoide, redonda y elongada.

Tamaño de la semilla (TS). Característica que se evaluó por medio de un Vernier digital, y se tomó en mm las dimensiones de largo, ancho y espesor.

Cuadro A.1 Resultados de las variables físicas evaluadas en genotipos de trigo.

Genotipos	Identificación	T	L (mm)	A (mm)	E (mm)	Forma	Color	Textura	Brocha
1	LR1	Grande	6.05	2.36	2.01	Elongada	Blanco	Harinosa	Corta
2	LR2	Grande	5.61	2.34	1.88	Elongada	Rojo	Harinosa	Corta
3	LR3	Grande	5.51	2.24	1.88	Elongada	Blanco	Harinosa	Corta
4	LR4	Grande	5.53	2.23	1.83	Elongada	Rojo	Harinosa	Corta
5	LR5	Grande	5.10	2.01	1.71	Elongada	Rojo	Harinosa	Corta
6	LR6	Grande	5.37	2.16	1.82	Ovoide	Rojo	Harinosa	Corta
7	LR7	Grande	5.44	2.24	1.78	Ovoide	Blanco	Harinosa	Corta
8	LR8	Grande	6.02	2.42	1.94	Ovoide	Ambar	Harinosa	Corta
9	LR1A	Mediano	4.96	2.48	2.03	Ovoide	Ambar	Harinosa	Corta
10	LR2B	Grande	5.07	2.49	2.01	Ovoide	Rojo	Harinosa	Corta
11	LR3C	Grande	5.08	2.28	1.73	Ovoide	Rojo	Harinosa	Corta
12	LR4D	Mediano	4.91	2.22	1.73	Ovoide	Blanco	Harinosa	Corta
13	SALAMANCA	Grande	6.13	2.76	2.25	Ovoide	Blanco	Harinosa	Corta
14	PM6	Grande	7.09	2.42	2.12	Elongada	Blanco	Vitrea	Corta
15	PM7	Grande	5.06	1.96	1.63	Elongada	Blanco	Vitrea	Corta
16	PM23	Grande	6.60	2.57	2.25	Elongada	Blanco	Vitrea	Corta
17	PM30	Grande	6.36	2.49	2.31	Elongada	Blanco	Vitrea	Corta
18	IVAN 50	Extragrande	9.01	2.34	2.12	Elongada	Rojo	Vitrea	Corta

T = Tamaño.

L = Largo.

E = Espesor.

A = Ancho.

Cuadro A.2 Resultados del análisis de pureza de clasificación para genotipos de trigo.

Tratamiento Identificación		SG (%)	SM (%)	SCH (%)	SCHU (%)	SQ (%)	MI (%)	SI (%)	SMA (%)	OV (%)	OC (%)	SP (%)
1	LR1	59.03	35.17	3.8	0.4	0.3	0.05	0	0	0	0	98.80
2	LR2	26.21	58.19	10.4	1.2	1.0	0.01	0	0	0	0	97.18
3	LR3	28.53	58.21	10.7	0.3	0.2	0.03	0	0	0	0	97.74
4	LR4	80.64	5.78	11.2	1.1	1.0	0.01	0.19	0	0	0	98.91
5	LR5	12.02	52.45	24.8	8.3	6.9	0.51	0.30	0	0	0	97.87
6	LR6	16.23	65.56	13.0	3.3	2.7	0.01	0	0.06	0.05	0	98.15
7	LR7	17.09	64.18	14.0	2.2	1.6	0.02	0	0	0	0	99.07
8	LR8	19.86	69.84	6.5	2.2	1.8	0.08	0.58	0.22	0	0	99.20
9	LR1A	15.71	58.16	11.4	0.8	0.6	0.03	0	1.27	0	0	87.34
10	LR2B	12.58	61.13	20.4	1.8	1.5	0.03	0	1.24	1.03	0.29	97.15
11	LR3C	5.77	51.52	35.8	4.5	3.7	0.04	0	0	0	0.66	97.59
12	LR4D	36.11	53.08	8.4	0.9	0.8	0.02	0	0.04	0	0	98.53
13	SALAMANCA	69.06	24.48	2.3	0.3	0.2	0.02	0	1.27	0	0	97.41
14	PM6	60.78	32.97	1.9	0.1	0.1	0.01	0.12	0	0	0	95.87
15	PM7	51.06	33.99	8.4	0.0	0.0	0.00	0.50	1.58	0	0	95.53
16	PM23	40.21	37.87	15.0	0.4	0.3	0.03	0.19	2.38	0	0	96.05
17	PM30	8.41	51.13	11.5	7.2	6.0	0.03	0	1.78	1.48	0	80.02
18	IVAN 50	75.70	12.49	0.2	0.3	0.2	0.28	0	0	0	0.07	88.69

SG = Semilla grande.
 SM = Semilla mediana
 SCH = Semilla chica.
 SCHU = Semilla chupada.
 SQ = Semilla quebrada.
 MI = Material inerte.
 SI = Semilla inmadura.
 SMA = Semilla manchada.
 OV = Otras variedades.
 OC = Otros cultivos.
 SP = Semilla pura.

Cuadro A.3 Resultados de las variables fisiológicas evaluadas en trigo.

Tratamiento	Identificación	CGPN (%)	CGPAN (%)	CGSM (%)	VPC (%)	VPF (%)	TCP (mg/plántula)	PNPA (%)	PAPA (%)	SMPA (%)	IV (g)	PSCG (g)	PSPA (g)
1	LR1	90	3	7	53	73	18.13	98	2	0	0.76	1.6362	1.2307
2	LR2	98	1	1	93	96	19.69	97	2	1	0.74	1.9076	1.3969
3	LR3	100	0	0	81	97	18.13	92	7	1	0.57	1.813	1.0325
4	LR4	96	4	0	90	90	19.59	95	2	3	0.60	1.8861	1.107
5	LR5	95	2	3	87	89	17.93	81	14	5	0.55	1.6974	0.9224
6	LR6	84	4	12	76	80	19.95	86	4	10	0.62	1.6723	1.0287
7	LR7	95	4	1	73	86	17.87	91	6	3	0.67	1.6988	1.1203
8	LR8	87	6	7	70	76	21.54	82	10	8	0.58	1.7828	1.0347
9	LR1A	94	2	4	73	89	18.28	96	3	1	0.68	1.717	1.165
10	LR2B	91	8	1	35	79	16.97	94	4	2	0.72	1.5543	1.0769
11	LR3C	91	1	8	53	87	15.95	93	3	4	0.64	1.4517	0.9168
12	LR4D	95	3	2	54	85	18.59	93	1	6	0.52	1.6912	0.873
13	SALAMANCA	97	1	2	88	93	24.09	94	2	4	0.76	2.3242	1.7049
14	PM6	85	5	10	73	73	17.74	78	14	8	0.94	1.5074	1.4229
15	PM7	88	7	5	65	76	18.53	88	6	6	0.90	1.6223	1.4555
16	PM23	85	6	9	66	62	19.00	80	9	11	0.87	1.6077	1.3965
17	PM30	83	6	11	65	78	18.18	79	15	6	0.74	1.5015	1.0944
18	IVAN 50	95	3	2	66	64	18.44	83	7	10	0.88	1.7464	1.5335

- CGPN = Plántulas normales capacidad de germinación.
 CGPAN = Plántulas anormales capacidad de germinación.
 CGSM = Semillas Muertas capacidad de germinación.
 PNPA = Plántulas normales potencial de almacenamiento.
 PAPA = Plántulas anormales potencial de almacenamiento.
 VPC = Vigor al primer conteo.
 VPF = Vigor de plántulas fuertes.
 IV = Índice de vigor.
 PSCG = Peso seco capacidad de germinación.
 PSPA = Peso seco potencial de almacenamiento.

Cuadro A.4. Resultados de sanidad (patógenos detectados en PDA) en genotipos de trigo.

Genotipos	Asp (%)	Clado (%)	Alter (%)	Fus (%)	Hel (%)	Pen (%)	RHI (%)
1	23	0	0	5	5	5	25
2	10	0	40	0	0	0	0
3	20	5	35	0	0	0	0
4	9	33	43	0	0	0	0
5	8	36	10	25	25	25	0
6	0	46	45	0	0	0	0
7	10	33	0	0	0	0	0
8	49	23	0	0	0	0	0
9	15	5	13	0	0	0	0
10	21	38	38	0	0	0	0
11	0	10	56	0	0	0	0
12	11	0	63	0	0	0	0
13	0	25	65	0	0	0	0
14	0	13	100	0	0	0	0
15	0	23	65	8	8	8	0
16	11	5	100	0	0	0	0
17	0	0	90	0	0	0	0
18	0	0	71	0	0	0	0

Nota: Los datos corresponden al promedio de cuatro repeticiones evaluadas, para la variable sanitaria en medio de cultivo de Papa dextrosa agar (PDA).

Asp = *Aspergillus spp.*
 Clado = *Cladosporium spp.*
 Alter = *Alternaria spp.*
 Fu = *Fusarium spp.*
 Hel = *Helmithosporium spp.*
 Pen = *Penicillium spp.*
 Rhi = *Rhizopus spp.*

Cuadro A.5 Resultados de sanidad (patógenos detectados en MSA) en genotipos de trigo.

Genotipos	Asp (%)	Clado (%)	Alter (%)	Fus (%)	Hel (%)	Pen (%)
1	23	0	0	5	5	5
2	10	0	40	0	0	0
3	20	5	35	0	0	0
4	9	33	43	0	0	0
5	8	36	10	25	25	25
6	0	46	45	0	0	0
7	10	33	0	0	0	0
8	49	23	0	0	0	0
9	15	5	13	0	0	0
10	21	38	38	0	0	0
11	0	10	56	0	0	0
12	11	0	63	0	0	0
13	0	25	65	0	0	0
14	0	13	100	0	0	0
15	0	23	65	8	8	8
16	11	5	100	0	0	0
17	0	0	90	0	0	0
18	0	0	71	0	0	0

Nota: Los datos corresponden al promedio de cuatro repeticiones evaluadas, para la variable sanitaria en medio de cultivo de Malta sal agar (MSA).

ASP = *Aspergillus spp.*
 CLADO = *Cladosporium spp.*
 ALTER = *Alternaria spp.*
 FU = *Fusarium spp.*
 HEL = *Helmithosporum spp.*
 PEN = *Penicillium spp.*

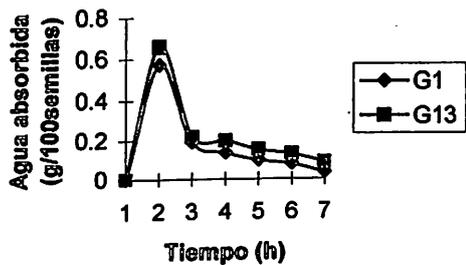


Figura A.1 Imbibición G1 comparada con G13 (Salamanca S-75).

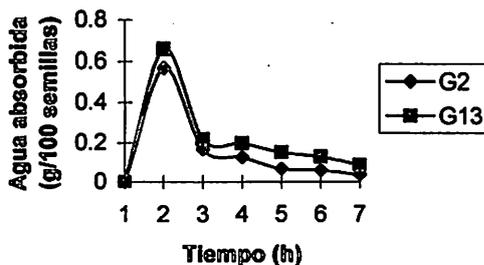


Figura A.2 Imbibición G2 comparada con G13 (Salamanca S-75).

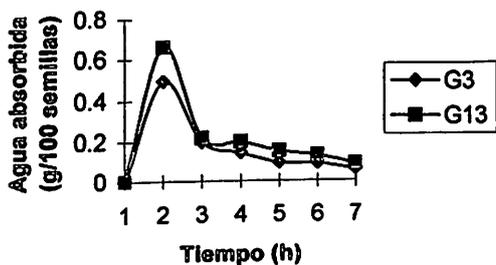


Figura A.3 Imbibición G3 comparada con G13 (Salamanca S-75).

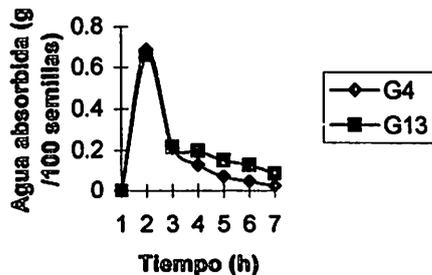


Figura A.4 Imbibición G4 comparada con G13 (Salamanca S-75).

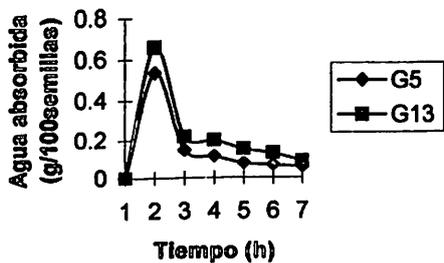


Figura A. 5 Imbibición G5 comparada con G13 (Salamanca S-75).

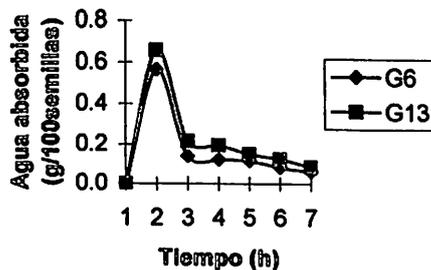


Figura A.6 Imbibición G6 comparada con G13 (Salamanca S-75).

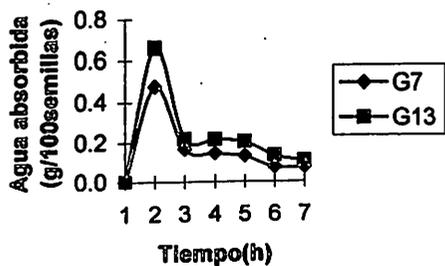


Figura A.7 Imbibición G7 comparada con G13 (Salamanca S-75).

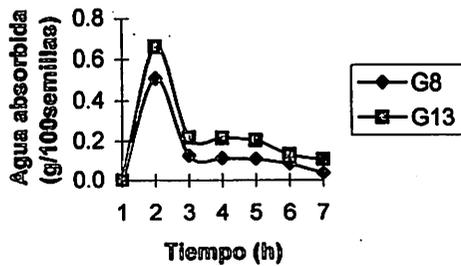


Figura A. 8 Imbibición G8 comparada con G13 (Salamanca S-75).

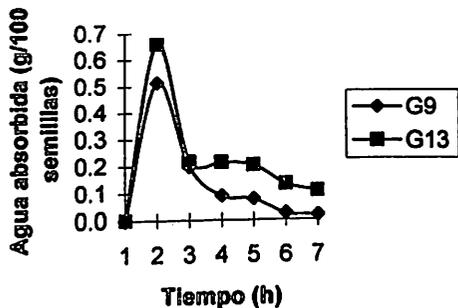


Figura A. 9 Imbibición G9 comparada con G13 (Salamanca S-75).

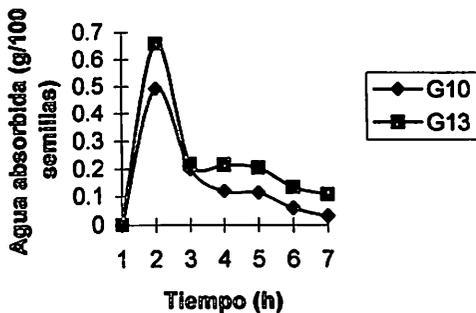


Figura A.10 Imbibición G10 comparada con G13(Salamanca S-75).

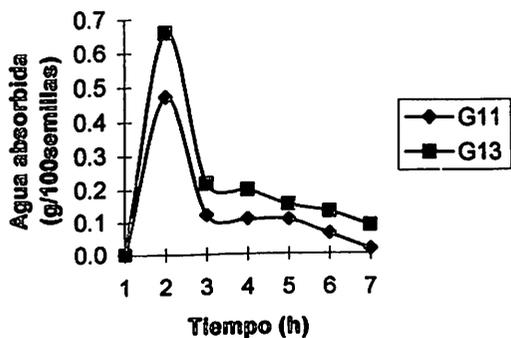


Figura A. 11 Imbibición G11 comparada con G13 (Salamanca S-75).

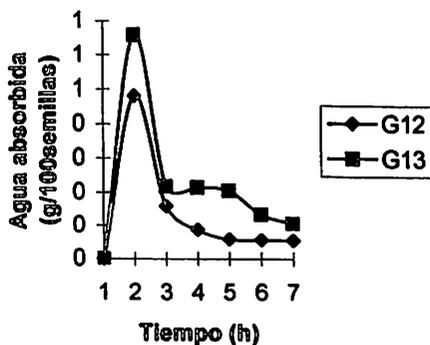


Figura A. 12 Imbibición G12 comparada con G13 (Salamanca S-75).

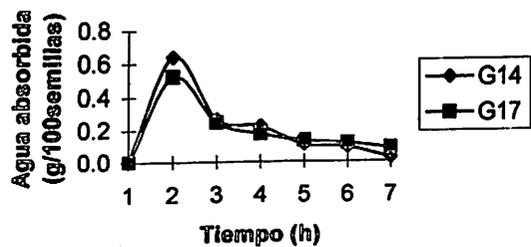


Figura A.13 Imbibición G14 comparada con G13
(Altar C-84).

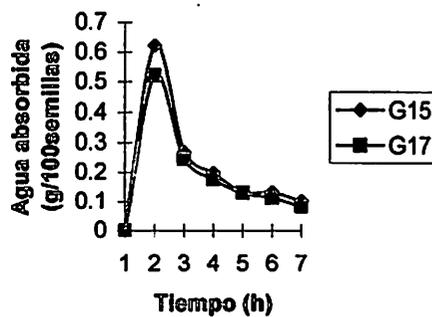


Figura A.14 Imbibición G15 comparada
con G17
(Altar C-84).

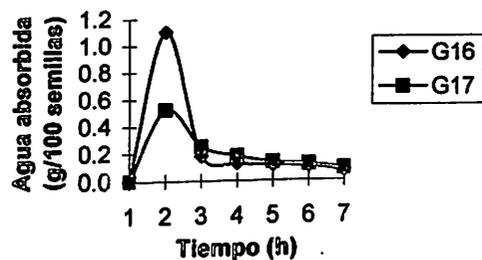


Figura A.15 Imbibición G16 comparada
con G17
(Altar C-84).

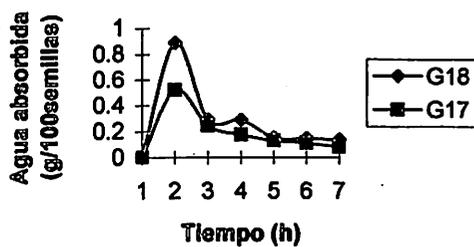


Figura A.16 Imbibición G18 comparada
con G17
(Altar C-84).

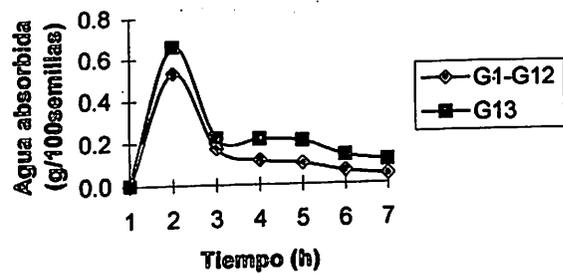


Figura A.17 Imbibición G1- G12 comparada con G13 (Salamanca S-75).

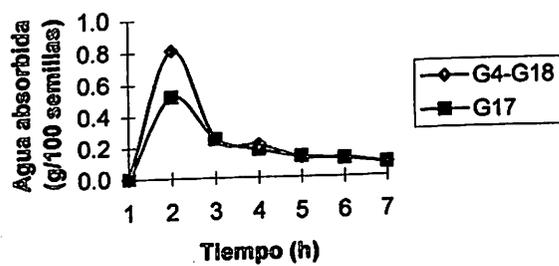


Figura A.18 Imbibición G14- G18 comparada con G13 (Altar C-84).

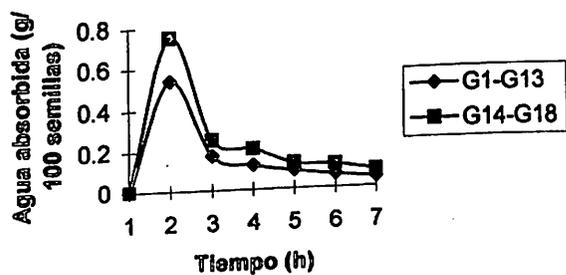


Figura A.19 Imbibición G1- G13 comparada con G14- G18.

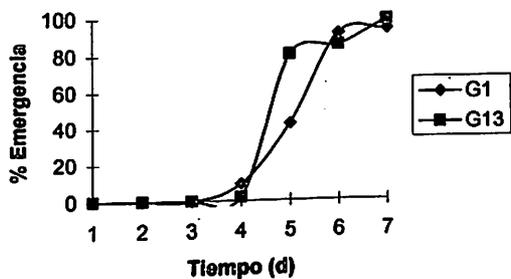


Figura A.20 Emergencia G1 comparada con G13 (Salamanca S-75).

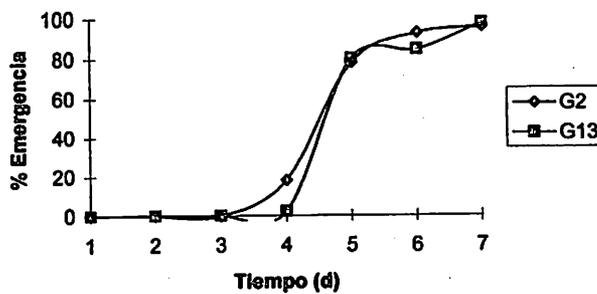


Figura A.21 Emergencia G2 comparada con G13 (Salamanca S-75).

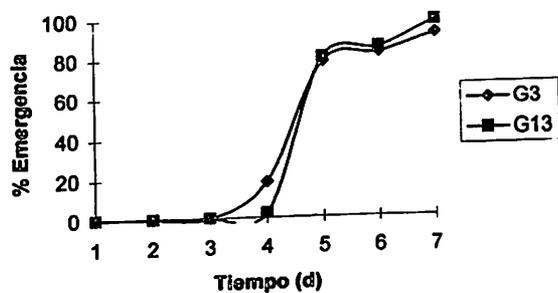


Figura A.22 Emergencia G3 comparada con G13 (Salamanca S-75).

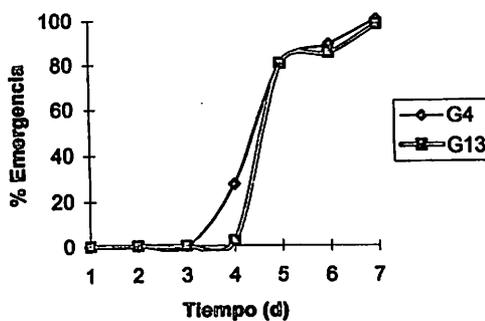


Figura A.23 Emergencia G4 comparada con G13 (Salamanca S-75).

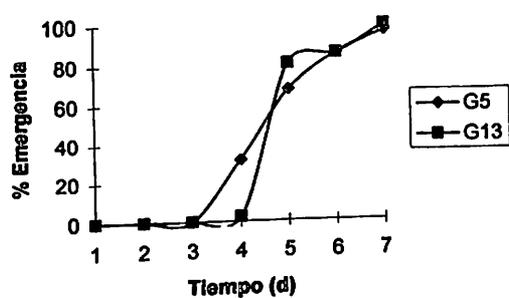


Figura A.24 Emergencia G5 comparada con G13 (Salamanca S-75).

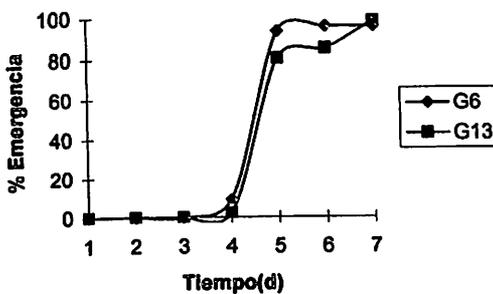


Figura A.25 Emergencia G6 comparada con G13 (Salamanca S-75).

Figura A.30 Emergencia G11 comparada con G13
(Salamanca S-75).

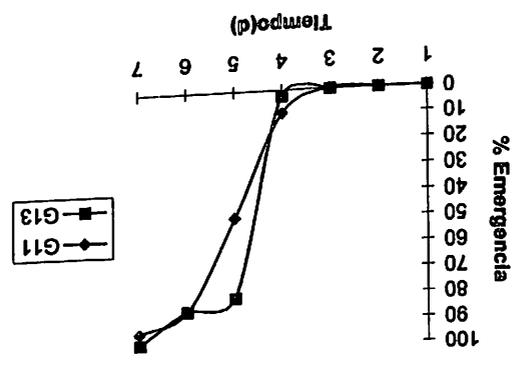


Figura A.31 Emergencia G12 comparada con G13
(Salamanca S-75).

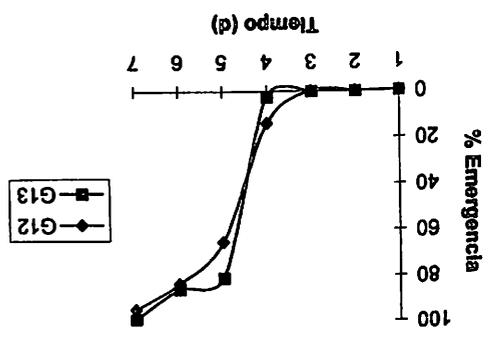


Figura A.28 Emergencia G9 comparada con G13
(Salamanca S-75).

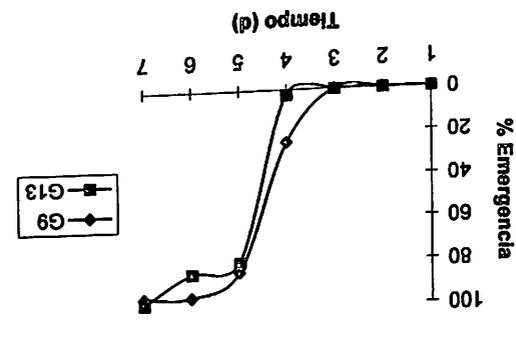


Figura A.29 Emergencia G10 comparada con G13
(Salamanca S-75).

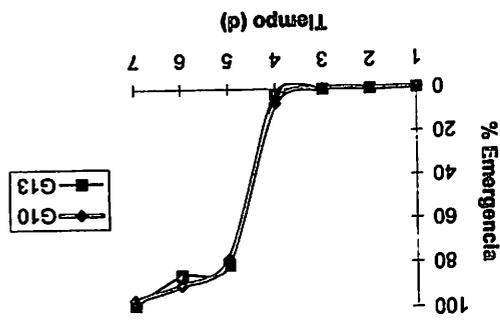


Figura A.26 Emergencia G7 comparada con el G13
(Salamanca S-75).

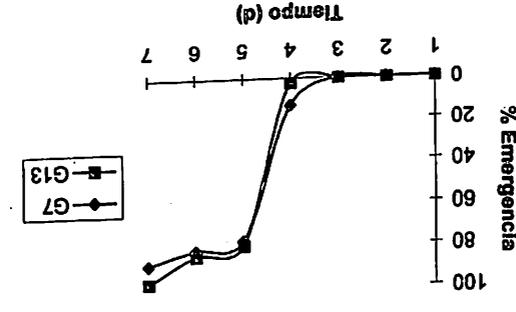
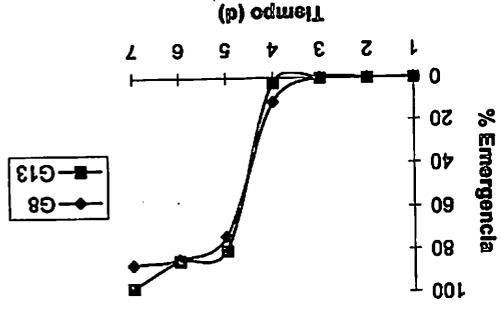


Figura A.27 Emergencia G8 comparada con G13
(Salamanca S-75).



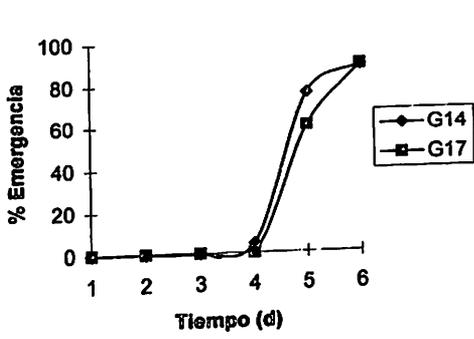


Figura A.32 Emergencia G14 comparada con G17 (Altar C-84).

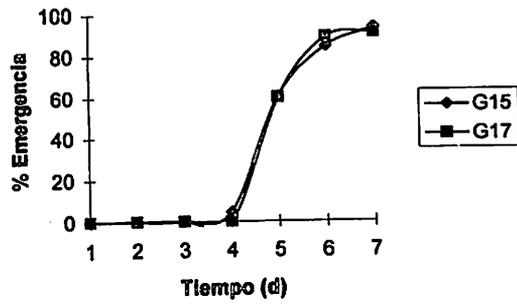


Figura A.33 Emergencia G15 comparada con G17 (Altar C-84).

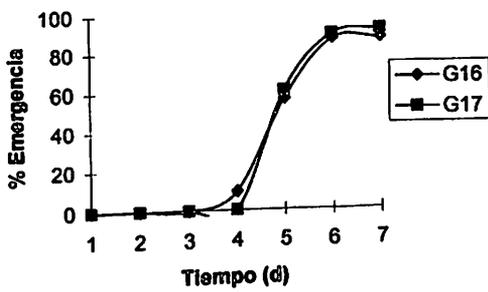


Figura A.34 Emergencia G16 comparada con G17 (Altar C-84).

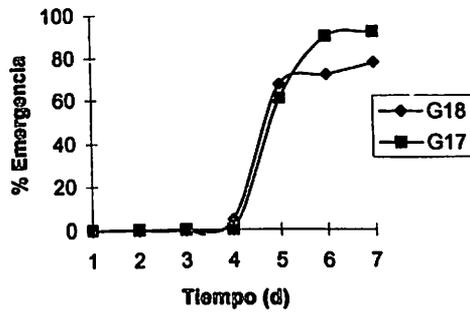


Figura A.35 Emergencia G18 comparada con G17 (Altar C-84).