

## Calidad de la semilla de trigo de temporal en función del ambiente de producción\*

### Quality of rainfed wheat seed depending on the production environment

Rogelio Fernández Sosa<sup>1</sup>, Aquiles Carballo Carballo<sup>2</sup>, Héctor Eduardo Villaseñor Mir<sup>3§</sup> y Adrián Hernández Livera<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Sitio Experimental Tlaxcala-INIFAP. Carretera Tlaxcala-Chiautempan, km 2.5. Col. Industrial, Tlaxcala. Tel: 246 46 46 799. (fernandez.rogelio@inifap.gob.mx). <sup>2</sup>Colegio de Postgraduados, *Campus* Montecillos. Carretera México-Texcoco, km 36.5. Montecillos, Texcoco, Coahuila. C. P. 56230, Estado de México. (aquiles.carballo@gmail.com; adrian.hernandez@colpos.mx). <sup>3</sup>Campo Experimental Valle de México-INIFAP. Carretera los Reyes-Texcoco, Coahuila, Texcoco, Estado de México. C. P. 56250. <sup>§</sup>Autor para correspondencia: villasenor.hector@inifap.gob.mx.

#### Resumen

En México se emplea 15% de la producción de trigo como semilla. La capacidad de las semillas para germinar y producir una planta normal, es el principal atributo para evaluar su calidad. Este estudio se realizó, en virtud de la importancia de la calidad física y fisiológica de la semilla, y la posibilidad de optimizar ambas características mediante el manejo agronómico. El material genético fue proporcionado por el Programa de Trigo del INIFAP. La semilla utilizada en laboratorio provino de 14 variedades sembradas en 2012 bajo condiciones de temporal en 11 ambientes de producción, en las que, adicionalmente se evaluó el tratamiento de fungicida. La calidad física se determinó mediante la evaluación de peso volumétrico y peso de mil semillas; la calidad fisiológica fue evaluada en laboratorio e invernadero, a partir de las variables: germinación, plántulas anormales, semillas sin germinar, velocidad de emergencia, longitud de plántula, peso seco de plántula y vigor. La interacción localidad x variedad x fungicida mostró diferencia altamente significativa para todas las variables, excepto longitud y peso seco de plántula. La variedad NANA F2007 presentó el mayor peso volumétrico (75.2 kg hL<sup>-1</sup>). Las localidades que favorecieron la expresión de un mayor peso volumétrico fueron Coatepec y Juchitepec. El peso de mil semillas fue mayor con la variedad MAYA S2007 en Huamantla, con aplicación de fungicida. En la mayoría de

#### Abstract

In Mexico, 15% of wheat production is used as seed. The ability of seeds to germinate and produce a normal plant is the main attribute to assess their quality. This study was conducted under the importance of physical and physiological seed quality, and the ability to optimize both traits by agronomic management. The genetic material was provided by the Wheat Program INIFAP. The seed used was from 14 laboratory varieties, grown in 2012, under rainfed conditions in 11 production environments, in which additionally, the fungicide treatment was evaluated. The physical quality was determined by evaluating volumetric weight and kernel weight; the physiological quality was evaluated in laboratory and greenhouse, from the variables: germination, abnormal seedlings, seeds without germinating, emergence speed, seedling length, seedling dry weight and vigour. The interaction locality x variety x fungicide showed highly significant differences for all the variables, except length and dry weight of seedlings. The variety NANA F2007 had the highest volumetric weight (75.2 kg hL<sup>-1</sup>). The localities that favoured the expression of a higher volumetric weight were Coatepec and Juchitepec. The weight of thousand seeds was higher with the variety MAYA S2007 in Huamantla, with application of fungicide. In most of the variables evaluated, by applying fungicide,

\* Recibido: febrero de 2015  
Aceptado: junio de 2015

las variables evaluadas la aplicación con fungicida superó al tratamiento sin aplicación. El ambiente de producción, la variedad y la aplicación de fungicida, influyeron de manera positiva en la calidad física y fisiológica de las semillas.

**Palabras clave:** *Triticum aestivum* L., calidad física y fisiológica de la semilla, germinación, invernadero ambiente de producción, laboratorio.

## Introducción

El trigo ocupa el segundo lugar en el mundo en producción después del maíz, de la cual alrededor de 75% del volumen de su producción se emplea de manera directa para consumo humano (IERAL, 2012), 15% para consumo animal y el resto se utiliza como semilla (FAO, 2012). El rendimiento promedio a nivel mundial en 2011 fue de 2.8 t ha<sup>-1</sup> (Banco Mundial, 2012).

La semilla es una unidad reproductiva compleja que se forma a partir del óvulo vegetal, después de la fertilización (Doria, 2010). La capacidad de las semillas para germinar y producir una planta normal, es el principal atributo a considerar para evaluar su calidad que comprende una serie de características que determinan su valor para la siembra; dentro de los más relevantes están pureza genética, y calidad física, fisiológica, y sanitaria (McDonald, 1985; Marcos Filho 1994; Bishaw *et al.*, 2007; Courbineau, 2012,). En el caso de cereales de grano pequeño, el término calidad de semillas normalmente es utilizado con referencia únicamente al vigor, tamaño y germinación de la semilla (Ellis, 1992).

La calidad física representa a la apariencia de la semilla, que depende del tamaño, peso volumétrico, brillantez, pureza analítica, ausencia de semillas de malezas comunes y nocivas, y de otros cultivos (Castañeda *et al.*, 2009).

La calidad fisiológica comprende aquellos atributos intrínsecos que determinan su capacidad para germinar y permitir la expresión de poblaciones uniformes de plantas productivas bajo una amplia variación de condiciones ambientales (Andrade, 1992).

En trigo la mayor viabilidad y germinación se presenta poco antes de la madurez fisiológica, mientras que el máximo vigor se expresa justo en la madurez fisiológica (Tekrony y Egli., 1997). El primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor, seguido por una reducción

the treatment exceeded the control with no application. The production environment, variety and fungicide application, influenced positively in the physical and physiological seed quality.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., greenhouse production environment, germination, laboratory, physical and physiological seed quality.

## Introduction

Wheat ranks second in the world after maize production, of which about 75% of the volume of its production is used directly for human consumption (IERAL, 2012), 15% for animal feed and the rest used as seed (FAO, 2012). The average yield worldwide in 2011 was 2.8 t ha<sup>-1</sup> (World Bank, 2012).

The seed reproductive unit is a complex one, formed from the egg-plant after fertilization (Doria, 2010). The ability of seeds to germinate and produce a normal plant is the main attribute to consider when evaluating the quality that includes a number of features that determine its value for sowing; among the most important are genetic purity and physical, physiological quality, and health (McDonald, 1985; Marcos Filho 1994; Bishaw *et al.*, 2007; Courbineau, 2012). In the case of small grains, the term seed quality normally used with reference only to the vigour, size and seed germination (Ellis, 1992).

Physical quality represents the appearance of the seed, depending on the size, volume and weight, brilliance, analytical purity, absence of common seeds and noxious weeds, and other crops (Castañeda *et al.*, 2009).

The physiological quality comprises those intrinsic attributes that determine their ability to germinate and allow the expression of uniform populations of production plants under a wide variation in environmental conditions (Andrade, 1992).

In wheat, the highest viability and germination occurs shortly before physiological maturity, while the maximum vigour is expressed just at physiological maturity (Tekrony and Egli., 1997). The first component of the quality shows a sign of deterioration is the vigour, followed by reduction or

de la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas (Ferguson, 1995). El vigor es el factor más importante de la calidad fisiológica de la semilla (Delouche, 1979; ISTA, 2005).

La presencia de diferentes tipos de estrés ambiental durante la formación de la semilla influye en su calidad. El estrés hídrico (Dornbos *et al.*, 1995; Ghassemi *et al.*, 1997), las deficiencias de minerales y las temperaturas extremas (Franca *et al.*, 1993; Grass y Burris, 1995) son los más comunes y de mayor efecto en la calidad de la semilla. Las deficiencias hídricas durante el llenado de grano pueden reducir la germinación de la semilla (Heatherly, 1993), causar 100% de arrugamiento de la testa de la semilla y disminuir significativamente el peso y vigor (Franca *et al.*, 1993).

Por la importancia de la calidad inicial de la semilla en siembras de trigo en condiciones de temporal; el objetivo de este estudio fue determinar la calidad física y fisiológica de la semilla de 14 variedades de trigo obtenida en 11 ambientes de producción en la región de los Valles Centrales de México; adicionalmente se evaluó la aplicación de fungicida.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó en el laboratorio de análisis de semillas y en invernaderos del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas, *Campus* Montecillo, Estado de México. El material genético utilizado fue proporcionado por el Programa Nacional de Trigo de Temporal del INIFAP, el cual consistió en semilla de catorce variedades. La siembra se realizó en once ambientes de producción en la región Centro de México bajo condiciones de temporal en el ciclo primavera verano 2012; las localidades fueron: Coatepec, Tenango del Aire, Juchitepec y Santa Lucía en el Estado de México; Velazco, Nanacamilpa, Soltepec, Terrenate y Huamantla en el estado de Tlaxcala; Texcal en el estado de Puebla; y Chimalpa en el estado de Hidalgo. El manejo agronómico fue de acuerdo con el paquete tecnológico recomendado por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para cada región. A las variedades en evaluación se les realizaron dos aplicaciones con el fungicida comercial QUILT (Azoxystrobin al 7% + Propiconazole al 11%) para el control de enfermedades foliares (con): la primera aplicación fue en la etapa de floración y la segunda 15 días después; estas mismas variedades se manejaron simultáneamente sin

germination of normal seedlings production, and ultimately death of the seeds (Ferguson, 1995). The vigour is the most important factor of physiological seed quality (Delouche, 1979; ISTA, 2005).

The presence of different environmental stresses during seed formation influences their quality. Water stress (Dornbos *et al.* 1995; Ghassemi *et al.*, 1997), mineral deficiencies and extreme temperatures (Franca *et al.*, 1993; Grass and Burris, 1995) are the most common and most affect seed quality. The water deficiencies during grain filling can reduce seed germination (Heatherly, 1993), cause 100% of wrinkling of the seed coat and significantly lower the weight and vigour (Franca *et al.*, 1993).

Given the importance of the initial quality of the seed sowing of wheat in rainfed conditions; the objective of this study was to determine the physical and physiological seed quality of 14 wheat varieties obtained in 11 production environments in the region of the Central Valley of Mexico; further fungicide application was evaluated as well.

## Materials and methods

The study was conducted in the laboratory seed testing in greenhouses of the Postgraduate in Genetic Resources and Seed Productivity-Production programs, *Campus* Montecillo, State of Mexico. The genetic material used was provided by the National Wheat Program of Rainfed, INIFAP, which consisted of fourteen seed varieties. Sowing was done in eleven production environments in the central region of Mexico under rainfed conditions in the cycle spring summer 2012; the towns were: Coatepec, Tenango del Aire, Juchitepec and Santa Lucia in the State of Mexico; Velazco, Nanacamilpa, Soltepec, Terrenate and Huamantla in the State of Tlaxcala; Texcal in the State of Puebla; and Chimalpa in the State of Hidalgo. Agronomic management was in accordance with the recommended by the National Research Institute for Forestry, Agriculture and Livestock (INIFAP), technology package for each region. A varieties under evaluation were performed two applications with QUILT commercial fungicide (Azoxystrobin at 7% + Propiconazole at 11%) for the control of foliar diseases (with): the first application was in the flowering stage and the second 15 days after; those varieties were handled simultaneously without fungicide treatment (without). 200 g per experimental unit were

tratamiento de fungicida (sin). Se tomaron 200 g por unidad experimental. Posteriormente, en el laboratorio se utilizó un homogeneizador de granos para obtener la muestra de trabajo, la cual consistió de 100 g por tratamiento.

Se evaluó la calidad física y fisiológica de la semilla. Para la calidad fisiológica se realizó la prueba de germinación en cámara con ambiente controlado y la prueba en cama de arena en invernadero. La evaluación de la calidad física se realizó mediante las variables peso volumétrico y peso de mil semillas. El peso volumétrico se determinó utilizando un recipiente que fue llenado con la semilla hasta que esta se derramó, se rasó en zig zag, para eliminar el excedente; se pesó el recipiente en una balanza y se tomó la lectura en  $\text{kg hL}^{-1}$ . Para el peso de 1000 semillas (PMS) se contaron y tomaron al azar ocho repeticiones de 100 semillas de cada unidad experimental; con los pesos de cada uno de los tratamientos, se calculó la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación (ISTA, 2005); si el coeficiente de variación obtenido fue menor a 4% entonces se consideró que los datos eran correctos (ISTA, 2005). El PMS se obtuvo multiplicando por 10 la media aritmética de las ocho repeticiones, y se expresó en gramos.

La prueba de germinación en laboratorio se realizó de acuerdo con las recomendaciones de ISTA (2005) para semilla de trigo, excepto que se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas de cada tratamiento. Se aplicó el método "entre papel", el cual consistió en extender dos toallas sanitas previamente humedecidas con agua destilada sobre una superficie plana, sobre las cuales se colocaron 25 semillas distribuidas en cinco columnas y cinco hileras; posteriormente, las semillas se cubrieron con otras dos toallas húmedas, y se enrollaron en forma de "taco". Los rollos se introdujeron en forma vertical en una bolsa de plástico y en seguida se colocaron en un cuarto de germinación, donde la temperatura fue de 20 °C. Ocho días después de iniciada la prueba se evaluó el porcentaje de germinación.

El experimento se realizó bajo un diseño completamente al azar, con un arreglo de tratamientos factorial con tres factores de estudio, que resultaron de la combinación de 11 ambientes de producción, 14 variedades de trigo y dos tratamientos con fungicida, con cuatro repeticiones por tratamiento, dando un total de 1 232 unidades experimentales.

Las variables evaluadas fueron: porcentaje de germinación (PG); se calculó con base en las plántulas que tenían raíz, coleóptilo y hojas bien desarrolladas, sanas y sin malformaciones. Se

taken. Subsequently, in the laboratory homogenizer grains it was used for the working sample, which consisted of 100 g per treatment.

Physical and physiological seed quality was evaluated. Physiological quality for the germination test was conducted in environmentally controlled chamber and the test bed of sand in the greenhouse. The physical quality assessment was performed using variable volumetric weight and kernel weight. Volumetric weight was determined using a container that was filled with the seed until it is poured, it is satin zigzag, to eliminate the surplus; the container is weighed on a scale and reading took  $\text{kg hL}^{-1}$ . For 1 000 seed weight (PMS) they were counted and were randomly eight repetitions of 100 seeds of each experimental unit; with weights of each of the treatments, variance, standard deviation and coefficient of variation was calculated (ISTA, 2005); if the coefficient of variation obtained was less than 4%, then it was considered that the data was correct (ISTA, 2005). The PMS was obtained by multiplying 10 the average of the eight replicates, and was expressed in grams.

Laboratory germination test was performed according to the recommendations of ISTA(2005) for wheat seed, except that four replicates of 25 seeds from each treatment were used. The method "between paper" which consisted of two extend Sanitas towels, previously moistened with distilled water on a flat surface, on which 25 seeds in five columns and five rows were placed was applied; subsequently the seeds were covered with two other wipes, and rolled in a "taco". The rolls were placed vertically in a plastic bag and then placed in a germination room, where the temperature was 20 °C. Eight days after the start of the test the germination percentage was evaluated.

The experiment was conducted under a completely randomized design with a factorial arrangement of treatments with three factors of study that resulted from the combination of 11 production environments, 14 wheat varieties and two fungicide treatments with four replicates per treatment, giving a total of 1 232 experimental units.

The variables evaluated were: germination percentage (PG); was calculated based on the seedlings were root, coleoptile and well developed, healthy and without malformations leaves. One count eight days after the test was established. Percentage of abnormal seedlings (PPAN); they were those that showed defects in root, coleoptile and leaves, which

realizó un solo conteo a los ocho días después de establecida la prueba. Porcentaje de plántulas anormales (PPAN); que fueron las que presentaron malformaciones en raíz, coleóptilo y en hojas, que les impidió un desarrollo normal (ISTA, 2005). Porcentaje de semillas no germinadas (PSNG); se contaron las semillas que no presentaron estructuras esenciales.

Para la prueba de vigor en invernadero se utilizaron 100 semillas por tratamiento para formar cuatro repeticiones de 25 cada una. La siembra se efectuó en semilleros de madera de 2.5 m de longitud por 0.88 m de ancho, utilizando arena de río como sustrato, depositando las semillas a 2 cm de profundidad, 3 cm entre plantas y a una distancia de 6.75 cm entre surcos. Se aplicó un riego al momento de la siembra y después diariamente para mantener el sustrato húmedo. Los semilleros fueron colocados bajo condiciones de invernadero. Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y un arreglo de tratamientos factorial con tres factores de estudio, que resultaron de la combinación de localidades, variedades de trigo y dos tratamientos con fungicida.

Las variables evaluadas fueron: velocidad de emergencia (VE). Se realizaron conteos diarios a partir del día cinco después de la siembra que fue cuando inicio la emergencia de las primeras plántulas. El conteo se realizó hasta que se tuvo un número constante de ellas. Esta variable se calculó mediante la siguiente expresión, según Copeland y McDonald (2005).

$$VE = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{X_i}{N_i} \right]$$

Donde: VE= velocidad de emergencia;  $X_i$ = número de semillas emergidas por día;  $N_i$ = número de días después de la siembra.

Porcentaje de germinación (PGI): se consideraron las características determinadas para PG; se realizó un solo conteo a los 12 días de establecida la prueba. Porcentaje de plántulas anormales (PPAI): Se contaron las plántulas que presentaron malformación en alguna de sus estructuras o aquellas que no lograron emerger a la superficie de la arena. Porcentaje de semillas no germinadas (PSNGI): se contaron las semillas que no presentaron estructuras esenciales. Vigor: Para esta variable se consideró la suma total de aquellas propiedades de la semilla que incluye la germinación y emergencia como lo mencionan Flores (2004) y Corbineau (2012). Para definir una escala de vigor, se clasificaron las plántulas normales en cinco categorías: muy vigorosa, vigorosa, intermedia, poco vigorosa y muy poco vigorosa.

prevented them from normal development (ISTA, 2005). Percentage of non-germinated seeds (PSNG); seeds that did not present essential structures were counted.

For the test in greenhouse, we used 100 seeds per treatment to form four repetitions of 25 each. The planting was done in wood nurseries 2.5 m long and 0.88 m wide, using river sand as substrate, depositing seeds 2 cm depth, 3 cm between plants at a distance of 6.75 cm between rows. Watering at planting time and then applied daily to keep the soil moist. The seedlings were placed under greenhouse conditions. An experimental design of randomized complete block with four replications and a factorial arrangement of treatments with three factors of study, that resulted from the combination of locations, and two varieties of wheat with fungicide treatments used.

The variables evaluated were: emergence velocity (VE). Daily counts were performed from five days after sowing it was when the emergence of the first seedlings started. The count was conducted until a constant number of them was obtained. This variable is calculated by the following expression, according to Copeland and McDonald (2005).

$$VE = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{X_i}{N_i} \right]$$

Where: VE= emergence speed;  $X_i$ = number of seeds emerged per day;  $N_i$ = number of days after sowing.

Germination percentage (PGI): we considered the traits determined for PG; making a count after 12 days the test was established. Percentage of abnormal seedlings (PPAI) Seedlings malformation who presented some of their structures or those that failed to rise to the surface of the sand was counted. Percentage of non-germinated seeds (PSNGI): the seeds did not present essential structures were counted.

Vigour: for this variable, the total sum of those traits, including seed germination and emergence as stated by Flores (2004) and Corbineau (2012) was considered. To define a scale of vigour, normal seedlings were classified into five categories: very strong, strong, medium, very vigorous and very little vigorous.

Seedling length (LP): we took randomly 10 normal seedlings from each repetition, the length of the aerial part of each is measured from the neck of the seedling to the apex of the longest leaf; the result was expressed in centimetres. Seedling dry weight (PSP): the normal seedlings were

Longitud de plántula (LP): se tomaron 10 plántulas normales al azar de cada repetición, se midió la longitud de la parte aérea de cada una desde el cuello de la plántula hasta el ápice de la hoja más larga; el resultado se expresó en centímetros. Peso seco de plántula (PSP): se extrajeron las plántulas normales, se separó la raíz de la parte aérea a la altura del cuello del tallo; posteriormente, la parte aérea se colocó en una bolsa de papel perforada para someterla a secado en la estufa a 70 °C, durante 72 h (ISTA, 2005); transcurrido ese tiempo se pesaron las muestras en una báscula electrónica y se registró el peso seco en miligramos por plántula.

Se realizó el análisis de varianza combinado y prueba de comparación de medias (Tukey = 0.05) a las variables evaluadas. Se utilizó el programa estadístico INFOSTAT (Di Rienzo, *et al.*, 2008).

## Resultados

El análisis de varianza para evaluar la calidad física de la semilla de trigo (Cuadro 1), mostró diferencias altamente significativas para los factores localidad (LOC), variedad (VAR) y tratamiento con fungicida (FUNG), así como para las interacciones localidad por variedad (LOC\*VAR), localidad por tratamiento con fungicida (LOC\*FUNG), variedad por tratamiento con fungicida (VAR\*FUNG) y para la interacción localidad por variedad por tratamiento con fungicida (LOC\*VAR\*FUNG).

Existen diferencias altamente significativas en los parámetros de calidad fisiológica tanto en laboratorio como en invernadero (Cuadro 1) esto es, porcentaje de germinación (PG, PGI), porcentaje de plántulas anormales (PPAN, PPANI) y porcentaje de semillas no germinadas (PSNG, PSNGI) en los factores de variación LOC, VAR y FUNG, así como en las interacciones de primer orden LOC\*VAR, LOC\*FUNG, VAR\*FUNG y la interacción de segundo orden LOC\*VAR\*FUNG. El factor FUNG para la variable porcentaje de plántulas anormales en laboratorio (PPAN) no tuvo diferencias significativas. Hubo diferencia significativa en la variable velocidad de emergencia (VE) para los factores LOC y VAR; así como en las todas interacciones. Las variables longitud de plántula (LP) y peso seco de plántula (PSP) presentaron diferencias significativas para los tres factores así como en las interacciones LOC\*VAR y LOC\*FUNG, mientras que no las hubo en las interacciones VAR\*FUNG y LOC\*VAR\*FUNG.

removed, the root of the aerial part up to the neck stem was separated; then the aerial part was placed in a perforated paper bag to be subjected to drying in an oven at 70 °C for 72 h (ISTA, 2005); after this time, the samples were weighed on an electronic scale and dry weight in milligrams per seedling was recorded.

Combined analysis of variance and means comparison test (Tukey=0.05) evaluated variables was performed. Statistical software INFOSTAT was used (Di Rienzo *et al.*, 2008).

## Results

The analysis of variance to assess the physical quality of wheat seed (Table 1), showed highly significant differences for the factors locality (LOC), variety (VAR) and treatment with fungicide (FUNG) as well as for local interactions variety (LOC\*VAR), town by treatment with fungicide (LOC\*FUNG) range by treatment with fungicide (VAR\*FUNG) and to the town interaction variety by treatment with fungicide (LOC\*VAR\*FUNG).

There are highly significant differences in physiological quality parameters both in the laboratory and greenhouse (Table 1), i.e. germination percentage (PG, PGI), percentage of abnormal seedlings (PPAN, PPANI) and percentage of germinated seeds (PSNG, PSNGI) in LOC variation factors, VAR and FUNG, as well as the first order interactions LOC\*VAR, LOC\*FUNG, VAR\*FUNG and second-order interaction LOC\*VAR\*FUNG. The FUNG factor for variable percentage abnormal seedlings laboratory (ANPP) had no significant differences. There was significant difference in the variable speed emergence (VE) for LOC and VAR factors; and in all interactions. Variables seedling length (LP) and seedling dry weight (PSP) showed significant differences for the three factors as well as the LOC\*VAR and LOC\*FUNG interactions, while there were none in the VAR\*FUNG and LOC\*VAR\*FUNG interactions.

The volumetric weight is an indicator of the quality obtained in the field in relation to the agronomic management and environmental conditions that occur during the growing season and are ultimately expressed in the seed, which was reflected in the interaction LOC\*VAR\*FUNG where highly significant differences were found, yielding higher volumetric weight in the town of Juchitepec with varieties Rebeca F2000 and Triunfo F2004, both with fungicide

**Cuadro 1. Cuadrados medios y su significancia estadística en el análisis de varianza de las variables de calidad física y fisiológica en laboratorio e invernadero.**  
**Table 1. Mean squares and statistical significance in the analysis of variance of the variables of physical and physiological quality in laboratory and greenhouse.**

FV	Variables respuesta										
	PVOL(kg/hL)	PMS (g)	PG	PPAN	PSG	PGI	PPANI	PSNGI	VE (días)	LP (cm)	PSP (mg)
LOC	3452.44**	7714.99**	30430.03**	2114.69**	20140.28**	29474.40**	13043.20**	6483.80**	73.45**	342.96**	828.90**
VAR	265.13**	2901.34**	659.29**	142.87**	542.5**	1244.60**	319.30**	983.90**	2.37**	84.11**	335.50**
FUNG	1620.20**	7607.81**	645.83**	45.21ns	406.87**	358.70**	221.70ns	1144.30**	0.49ns	36.80**	359.80**
LOC*VAR	56.32**	105.26**	572.02**	143.76**	300.71**	425.50**	144.60**	273.30**	0.80**	3.76**	11.70**
LOC*FUNG	230.00**	379.28**	893.52**	399.44**	394.90**	259.60**	108.80**	164.30**	0.63**	3.73**	24.71**
VAR*FUNG	39.56**	144.35**	410.25**	123.22**	189.86**	368.10**	196.50**	124.20**	0.72**	1.83ns	8.03ns
LOC*VAR*FUNG	29.69**	28.22**	290.98**	97.82**	140.60**	181.30**	104.20**	86.80**	0.32**	1.64ns	6.82ns
CV (%)	4.95	4.32	15.01	58.19	52.07	13.38	52.54	54.79	15.34	9.12	12.80

\*= significancia al 0.05 de probabilidad; \*\*= significancia al 0.01 de probabilidad; ns= no significativo. FV= Fuente de variación; PGI= porcentaje de germinación en invernadero, PPANI= porcentaje de plántulas anormales en invernadero; PSNGI= porcentaje de semillas sin germinar en invernadero; VE= velocidad de emergencia; LP= longitud de plúmula; PSP= peso seco de plúmula; LOC= localidad; VAR= variedad; FUNG= tratamiento de fungicida; LOC\*VAR= interacción localidad\*variedad; LOC\*FUNG= interacción localidad\*tratamiento de fungicida; VAR\*FUNG= interacción variedad\*tratamiento de fungicida; LOC\*VAR\*FUNG= interacción localidad\*variedad\*tratamiento de fungicida; CV= coeficiente de variación.

El peso volumétrico es un indicador de la calidad obtenida en campo en relación con el manejo agronómico y las condiciones ambientales que se presentan durante el desarrollo del cultivo y finalmente son expresadas en la semilla, lo cual se reflejó en la interacción LOC\*VAR\*FUNG, donde se encontraron diferencias altamente significativas, obteniéndose el mayor peso volumétrico en la localidad de Juchitepec con las variedades Rebeca F2000 y Triunfo F2004, ambas con aplicación de fungicida, con un peso de 83.1 kg hL<sup>-1</sup> semejante a lo reportado por Moreno (1993), y superando los valores reportados por Castañeda (2009) y la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-036-1996 de 76.3 y 74 kg hL<sup>-1</sup> respectivamente. El ambiente de producción, la variedad y el control de enfermedades foliares afecta el peso volumétrico de la semilla; donde las localidades de Tenango, Juchitepec y Coatepec presentaron el mayor valor en las variedades Tlaxcala F2000, Rebeca F2000, Triunfo F2004, Nana F2007, Altiplano F2007, Temporalera M87 y Don Carlos "S" con aplicación de fungicida en la etapa de floración.

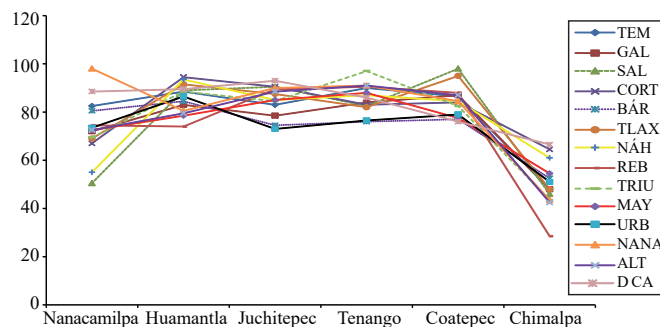
Para la variable PMS los factores localidad, variedad y tratamiento con fungicida mostraron efecto significativo. La interacción LOC\*VAR\*FUNG presentó diferencia altamente significativa, donde las variedades Maya S2007, Cortázar S94 y Temporalera M87 en las localidades de Huamantla y Juchitepec con aplicación de fungicida fueron las de mayor peso de semilla, superando los 51 g en mil semillas. En la localidad de Nanacamilpa la variedad Gálvez M87 con aplicación de fungicida fue mayor con 37.7% en peso en relación al tratamiento sin aplicación, mientras que la variedad Salamanca S75 lo superó en 30.4%; sin embargo, las variedades Nana F2007 y Don Carlos "S" con aplicación de fungicida sólo difirieron 5% y 6% comparado con el tratamiento sin aplicación de fungicida.

Se tuvo diferencia altamente significativa en el efecto de la interacción LOC\*VAR donde las variedades Nana F2007 en Nanacamilpa y Salamanca S75 en Coatepec presentaron la mayor germinación (98 %) mientras que Triunfo F2004 lo fue en la localidad de Tenango. Las localidades de Tenango, Huamantla y Juchitepec presentaron en promedio de las 14 variedades el porcentaje de germinación más alto, siendo superior al 85%. Las variedades Temporalera M87 y Cortázar S94 fueron las de mayor germinación mientras que Rebeca F2000 y Altiplano F2007 registraron los valores más bajos (Figura 1).

application, weighing 83.1 kg hL<sup>-1</sup> similar to those reported by Moreno (1993), and exceeding those reported by Castañeda (2009) values and the Official Mexican Standard NMX-FF-036-1996 76.3 and 74 kg hL<sup>-1</sup>, respectively. The production environment, variety and control of foliar diseases affect the volume and weight of the seed; where the towns of Tenango, Juchitepec and Coatepec showed the highest value in varieties Tlaxcala F2000, Rebeca F2000, Triunfo F2004, Nana F2007, Altiplano F2007, Temporalera M87 and Don Carlos "S" with fungicide application at the flowering stage.

For the variable factors PMS locality, variety and fungicide treatment showed significant effect. The LOC\*VAR\*FUNG interaction showed highly significant difference, where varieties Maya S2007, Cortázar S94 and Temporalera M87 in the towns of Huamantla and Juchitepec with fungicide application were higher seed weight, exceeding 51 g in a thousand seeds. In the town of Nanacamilpa variety Gálvez M87 with fungicide application it was highest with 37.7% by weight relative to treatment without application, while the variety Salamanca S75 overcame in 30.4%; however, varieties Nana F2007 and Don Carlos "S" with fungicide application differed only 5% to 6% compared to treatment without fungicide application.

Highly significant difference was taken at the interaction effect LOC\*VAR, where the varieties Nana F2007 in Nanacamilpa and, Salamanca S75 in Coatepec had the highest germination (98%), Triunfo F2004 was in the town of Tenango. The towns of Tenango, Huamantla and presented Juchitepec average of 14 varieties, the highest percentage of germination, being higher than 85%. Temporalera M87 varieties and S94 Cortázar had the highest germination while Rebeca F2000 and Altiplano F2007 had the lowest values (Figure 1).



**Figura 1. Interacción LOC\*VAR en la prueba de germinación en laboratorio en semilla de 14 variedades de trigo en 11 localidades.**

**Figure 1. Interaction LOC\*VAR in testing laboratory seed germination of 14 wheat varieties in 11 locations.**



En la interacción LOC\*FUNG hubo diferencia significativa; las localidades de Huamantla y Juchitepec con aplicación de fungicida fueron las que presentaron la mayor germinación, mientras que Tenango y Coatepec lo fueron sin aplicación de fungicida, lo que indica que en estos ambientes no se vieron afectadas las plantas por la presencia de enfermedades foliares durante la etapa de floración del cultivo, lo que influyó de manera positiva en la germinación de la semilla (Figura 2).

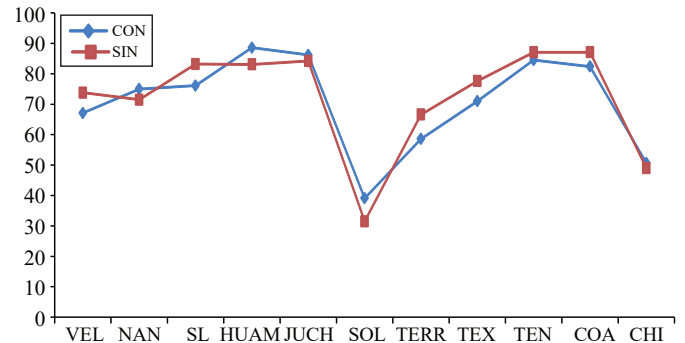
La interacción LOC\*VAR\*FUNG presentó diferencias altamente significativas, lo que se interpreta como una respuesta diferencial en germinación, de las variedades en función de las condiciones ambientales y del control de las enfermedades foliares. En localidades que se ubican en áreas de condiciones favorables para la expresión del potencial de rendimiento (Villaseñor, 2012) como Coatepec, Tenango, Huamantla y Nancamilpa la germinación presenta valores mayores en comparación con ambientes críticos como Soltepec, Terrenate y Texcal. Además, cabe señalar que en variedades resistentes como Nana F2007 en condiciones favorables el efecto de la aplicación de fungicida no influye en la germinación; sin embargo, cuando las condiciones ambientales no son favorables para el desarrollo de enfermedades foliares, como fue el caso de Coatepec donde durante el ciclo del cultivo no hubo presencia de hongos, la germinación es igual en variedades susceptibles como Salamanca S75 con y sin aplicación de fungicida.

El promedio de la germinación en invernadero de las variedades en los 11 ambientes fue de 69%; con una amplitud de 60 a 74.3%, siendo Nahuatl F2000 la de mayor valor y Triunfo F2004 la más baja. El tratamiento con fungicida superó sólo 2% al tratamiento sin aplicación.

Para la variable velocidad de emergencia (VE) las variedades Gálvez M87, Nahuatl F2000 y Nana F2007 fueron las mejores; en tanto que Rebeca F2000 y Triunfo 2004 mostraron la velocidad de emergencia más baja. Por otro lado, las localidades de Coatepec, Tenango, Nancamilpa y Velasco presentaron la mayor velocidad de emergencia, siendo Soltepec, Juchitepec y Terrenate el grupo de localidades con menor número de plántulas emergidas por día. Por su parte, en los tratamientos con y sin fungicida no hubo diferencia significativa.

Las plántulas obtenidas de las semillas cosechadas en las localidades de Tenango y Coatepec registraron la mayor longitud de plántula, en tanto que las de Chimalpa y Santa Lucía fueron las de menor longitud, mientras que

In the LOC\*FUNG interaction, there was a significant difference; Huamantla and Juchitepec with fungicide application were those that showed the highest germination, while Tenango and Coatepec had no fungicide application, indicating that there were in these environments plants affected by the presence of leaf diseases during the flowering stage of the crop, which positively influenced the seed germination (Figure 2).



**Figura 2. Comparación de medias (Tukey 0.05) de la interacción LOC\*FUNG para la variable germinación en laboratorio.**

**Figure 2. Comparison of means (Tukey 0.05) of the LOC\*FUNG interaction variable laboratory germination.**

The LOC\*VAR\*FUNG interaction showed highly significant differences, which is interpreted as a differential response in germination of varieties depending on the environmental conditions and control of foliar diseases. In locations that are located in areas favourable for the expression of yield potential (Villaseñor, 2012) such as Coatepec, Tenango, Huamantla and Nancamilpa, with higher germination compared to critical environments as Soltepec, Terrenate and Texcal. It should also be noted that resistant varieties as Nana F2007 concessional the effect of fungicide application does not affect germination; however, when environmental conditions are not favourable for the development of foliar diseases, as was the case of Coatepec where during the crop cycle was no presence of fungi, germination is equal in susceptible varieties such as Salamanca S75 with and without application of fungicide.

The average germination in greenhouse varieties in 11 environments was 69%; with an amplitude of 60 to 74.3%, Nahuatl F2000 being the highest value and the lowest Triunfo F2004. The fungicide treatment only exceeded 2% without application treatment.

For the variable emergence speed (VE), the varieties Gálvez M87, Nahuatl F2000 and Nana F2007 were the best; while Rebeca F2000 and Triunfo 2004 showed the slowest

Maya S2007, Gálvez M87, Don Carlos "S" y Nana F2007 presentaron valores superiores a 15 cm, mientras que Temporalera M87, Altiplano F2007, Triunfo F2004 y Rebeca F2000 registraron una longitud menor a 14 cm. El tratamiento con aplicación de fungicida superó 3% la longitud de la plúmula al tratamiento sin aplicación de fungicida.

En forma visual se clasificaron las plántulas normales en cinco categorías para definir el vigor; donde las variedades Maya S2007, Gálvez M87 y Don Carlos "S" registraron en el mismo orden 66.3, 64.4 y 60.2% de plántulas muy vigorosas; mientras que Temporalera M87, Rebeca F2000, Triunfo F2004 y Náhuatl F2000 tuvieron respectivamente 30.1, 29.3, 28.6 y 28.4% de plántulas vigorosas. Por otra parte, las localidades con mayor porcentaje de plántulas con muy alto vigor fueron Coatepec, Tenango y Nanacamilpa; estas mismas localidades fueron las que presentaron también la mayor germinación. Por otro lado, las semillas con el tratamiento de aplicación de fungicida superó con 9.5% de plántulas con muy alto vigor al tratamiento sin aplicación de fungicida.

Para la variable PSP se tuvo diferencia altamente significativa en los factores LOC, VAR y FUNG, así como en las interacciones LOC\*VAR y LOC\*FUNG, mientras que en las interacciones VAR\*FUNG y LOC\*VAR\*FUNG no se tuvo significancia estadística. Las localidades de Coatepec y Tenango del Aire fueron las de mayor peso seco de plántula, mientras que las variedades Maya y Don Carlos "S" presentaron el mayor peso seco por plántula. El tratamiento con aplicación de fungicida superó al tratamiento sin fungicida.

## Discusión

La significancia obtenida en los factores simples y en las interacciones de primer y segundo orden indican que las localidades Coatepec, Tenango y Juchitepec fueron los ambientes que favorecieron a los atributos de calidad física, como peso volumétrico y peso de mil semillas; siendo las variedades Nana F2007, Tlaxcala F2000, Don Carlos, Triunfo F2004, Temporalera M87 y Rebeca F2000, las que superaron los 74.0 kg hL<sup>-1</sup>; en cuanto al peso de mil semillas, sobresalieron las variedades Maya S2007, Nana F2007 y Urbina S2007, superando los 41 g; mientras que Náhuatl F2000 y Triunfo F2004 fueron las de menor peso con 28.6 y 33.4 g respectivamente. El control de las enfermedades foliares fue muy efectivo, e influyó de manera positiva en

emergence. On the other hand, the towns of Coatepec, Tenango Nanacamilpa and Velazco had the highest rate of emergence, being Soltepec, Juchitepec and Terrenate the group of localities with fewer seedlings emerged per day. For its part, on treatments without fungicide was no significant difference.

Seedlings obtained from seeds harvested in the towns of Tenango and Coatepec had the highest seedling length, while those of Chimalpa and Santa Lucia were shorter, while Maya S2007, Gálvez M87, Don Carlos "S" and Nana F2007 showed values highest than 15 cm, while Temporalera M87, Altiplano F2007, Triunfo F2004 and Rebeca F2000 recorded a length less than 14 cm. Treatment with fungicide application exceeded 3% the length of the plumule treatment without fungicide application.

Visually, normal seedlings were classified into five categories to define the vigour; where varieties Maya S2007, Gálvez M87 and Don Carlos "S" in the order recorded 66.3, 64.4 and 60.2% of very vigorous seedlings; while Temporalera M87, Rebeca F2000, Triunfo F2004 and Nahuatl F2000 were respectively 30.1, 29.3, 28.6 and 28.4% of vigorous seedlings. Moreover, the towns with the highest percentage of high vigour seedlings were Coatepec, Tenango and Nanacamilpa; these same localities were also presented the highest germination. Furthermore, seed treatment with fungicide application exceeded 9.5% seedlings with very high vigour to treatment without fungicide application.

For the variable PSP, there was a highly significant difference in LOC, VAR and FUNG factors as well as in the LOC\*VAR and LOC\*FUNG interactions, while the VAR\*FUNG and LOC\*VAR\*FUNG interactions had no statistical significance at all. The towns of Coatepec and Tenango del Aire had the highest seedling dry weight, while the Maya and Don Carlos "S" varieties showed the highest dry weight per seedling. Treatment with fungicide application exceeded without fungicide treatment.

## Discussion

The significance obtained in the simple factors and interactions of first and second order indicates that Coatepec, Tenango and locations were Juchitepec environments that favoured the physical quality attributes, such as weight and volumetric weight of thousand seeds; the varieties

la calidad física de la semilla, ya que para todos los factores en estudio la aplicación de fungicida superó al tratamiento sin aplicación.

El ambiente de producción tuvo un fuerte impacto por sus efectos muy considerables en la calidad física y fisiológica de la semilla de los trigos evaluados; destacando por su efecto positivo los ambientes favorables donde como lo señalan Villaseñor *et al.*, (2012), las variedades expresan alto potencial de rendimiento, lo cual se refleja en la calidad final de la semilla; mientras que los ambientes cuyas condiciones son críticas, influyen en la baja calidad y no son recomendables para la producción de semillas para siembra.

Cabe señalar que el peso volumétrico guardó estrecha relación con el volumen y la densidad, así como con las características físicas de la semilla en cuanto a espesor y anchura; tal como lo reportan Rodríguez *et al.* (2011); que en variedades de trigo existe un alto grado de asociación entre el peso de 1 000 semillas y el peso volumétrico, donde en particular, aquellas como Triunfo F2004 en la localidad de Coatepec y Rebeca F2000 en Juchitepec registraron alto peso volumétrico superando incluso el parámetro que la norma mexicana NMX-FF-036-1996 establece, toda vez que hubieron valores superiores a los 80 kg hL<sup>-1</sup>.

El peso volumétrico y el peso de mil semillas pueden considerarse como indicadores de la calidad, relacionada con el manejo agronómico y con las condiciones climáticas que se presentaron durante el desarrollo del cultivo, y que finalmente se expresaron en la calidad de la semilla; tal como lo mostró la interacción LOC\*VAR\*FUNG.

Tanto en las pruebas de invernadero como en las de laboratorio, se registró una tendencia semejante; así la germinación en invernadero tuvo un rango de 60 a 74.3%, donde Nahuatl F2000 fue la de mayor valor y Triunfo F2004 la más baja. Para el caso de los ambientes de producción, el promedio de las variedades fue de 69% con una amplitud de 33.4 a 95.4%; donde Coatepec, Tenango y Nanacamilpa fueron las localidades donde se tuvo mayor porcentaje de germinación.

La longitud de plántula se ve favorecida por la variedad, el ambiente de producción y el manejo agronómico, ya que variedades con alto vigor de germinación como Gálvez M87 se refleja también en la velocidad de emergencia; además, en ambientes con condiciones favorables como Coatepec y Tenango del Aire favorecen mayor desarrollo de las plántulas normales, lo cual se refleja en mayor longitud de la plántula.

Nana F2007, Tlaxcala F2000, Don Carlos, Triunfo F2004, Temporalera M87 and Rebecca F2000, which exceeded 74.0 kg hL<sup>-1</sup>; regarding weight of thousand seeds, the outstanding varieties were Maya S2007, Nana F2007 and Urbina S2007, exceeding 41 g; while Triunfo F2004 and Nahuatl F2000 had the lighter weight with 28.6 and 33.4 g respectively. Control foliar diseases were quite effective, and influenced positively in the physical quality of the seed, since for all the factors under study applying fungicide treatment without application exceeded.

The production environment had a strong impact for their very considerable effects on the physical and physiological seed quality of wheat evaluated; highlighting its positive effect and favourable environments as pointed by Villaseñor *et al.* (2012) the varieties expressing high yield potential, which is reflected in the final quality of the seed.; while the environments whose conditions are critical influence the low quality and are not recommended for the production of seeds for sowing.

It's noteworthy that, the volumetric weight was closely linked to the quantity and density, as well as the physical traits of the seeds in thickness and width; as reported by Rodríguez *et al.* (2011) the wheat varieties that there is a high degree of association between the weight of 1000 seeds and volumetric weight, which in particular those such as Triunfo F2004 in the town of Coatepec and Rebeca F2000 at high volumetric weight recorded in Juchitepec, surpassing even the parameter that the Mexican standard NMX-FF-036-1996 establishes, since there were values above 80 kg hL<sup>-1</sup>.

The volumetric weight and kernel weight can be considered as quality indicators related to the agronomic management and climatic conditions that occurred during the growing season, and finally expressed in seed quality; as the interaction LOC\*VAR\*FUNG.

In both tests, in the greenhouse and laboratory, a similar trend was recorded; and greenhouse germination ranged from 60 to 74.3%, where Nahuatl F2000 was the highest value and Triunfo F2004 the lowest. In the case of the production environment, the average was 69% varieties with amplitude of 33.4 to 95.4%; where Coatepec, Tenango and Nanacamilpa were the places where the highest percentage of germination was.

The length of seedlings is favoured by the variety, the production environment and the agronomic management as varieties with high germination vigour, such as Gálvez

Variedades con alto vigor y ambientes favorables repercuten de manera positiva en el peso seco por plántula, ya que plántulas vigorosas y con alta velocidad de emergencia incrementan el peso seco. En esta investigación se corroboró lo mencionado por Gharoobi (2011) donde la velocidad de emergencia, porcentaje de germinación, longitud y peso seco de la plántula, generalmente están influenciados por las variedades.

Aunque fue significativa la aplicación de fungicida, es de señalar que sólo superó 2% a los tratamientos sin aplicación; lo que indica que el manejo agronómico y el ambiente de producción fueron los que mayormente influyeron en la calidad física y fisiológica de las semillas.

En la interacción LOC\*VAR\*FUNG los datos son contundentes para afirmar que la variedad, el ambiente de producción y el manejo agronómico influyen de manera significativa en la calidad física y fisiológica de la semilla de trigo.

## Conclusiones

El ambiente de producción influyó de manera positiva en la calidad física y fisiológica de la semilla, obteniéndose mayor peso volumétrico y de mil semillas en las localidades de condiciones favorables como Coatepec, Juchitepec, Santa Lucia, Tenango y Huamantla donde superaron el mínimo señalado por la Norma Oficial NMX-FF-036-1996. Asimismo, se tuvo un incremento en el porcentaje de germinación, velocidad de emergencia, longitud de plúmula y peso de materia seca en comparación con los ambientes críticos.

En localidades donde las condiciones son críticas, como Soltepec y Texcal, la calidad física de la semilla se ve influenciada de manera negativa y por lo tanto, el peso volumétrico y de mil semillas se ve disminuido sin alcanzar los estándares de calidad señalados en la norma oficial.

Las variedades evaluadas respondieron diferencialmente a los ambientes de producción y al manejo agronómico, donde aquellas que presentan resistencia genética a las enfermedades foliares tuvieron valores altos en parámetros de calidad como peso volumétrico, peso de mil semillas, germinación, velocidad de emergencia, longitud de plúmula y peso seco; lo que permite ubicar ambientes en los que las variedades logran una expresión óptima de calidad en la semilla.

M87, reflected in the rate of emergence; also in areas with favourable conditions as Coatepec and Tenango del Aire promote further development of normal seedlings, which is reflected in increased seedling length.

Varieties with high strength and favourable environments have a positive impact on the dry weight per seedling as vigorous and high speed of seedling emergence dry weight increase. In this research mentioned we corroborated that reported by Gharoobi (2011) that, the emergence speed germination percentage, length and seedling dry weight, are usually influenced by varieties.

Although the fungicide application was significant, it should be noted that only exceeded 2% without application to treatment; indicating that the agricultural management and production environment were the mostly affected the physical and physiological seed quality.

In the LOC\*VAR\*FUNG interaction data are convincing to say that the variety, the production environment and crop management have a significant influence on the physical and physiological seed quality of wheat.

## Conclusions

The production environment positively influenced the physical and physiological seed quality, resulting in higher volumetric and thousand seed weight in the towns with favourable conditions, such as Coatepec, Juchitepec, Santa Lucia, Tenango and Huamantla, where the minimum values specified by the Official Norm NMX-FF-036-1996 were exceeded. Also, there was an increase in the percentage of germination, emergence speed, length and plumule dry matter compared to critical environments.

In localities where the conditions are critical, such as Soltepec and Texcal, physical seed quality is influenced in a negative way and, therefore the volumetric and thousand seed weight is decreased without reaching the quality standards specified in the standard officer.

The evaluated varieties responded differentially to the production environments and agronomic management, where those having genetic resistance to foliar diseases had higher values in quality parameters as volumetric weight, weight of thousand seeds, germination, emergence

De manera general el tratamiento con aplicación de fungicida incrementó los valores en los parámetros peso volumétrico, peso de mil semillas, germinación, velocidad de emergencia, longitud de plánula y materia seca obteniéndose semilla de mayor calidad física y fisiológica.

## Literatura citada

- Andrade, B. J. H. 1992. Mejoramiento del vigor en semillas de maíz y su relación con la emergencia y rendimiento. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 98 p.
- Banco Mundial. 2012. Informe sobre el desarrollo mundial 2012. El estado en un mundo en transformación, Banco Mundial, Washington.
- Bishaw, Z.; Niane A. A. and Gan. Y. 2007. Quality seed production. Yadav, S. S. (Eds.). *In: Lentil: an ancient crop for modern times*. Springer. Holanda 349-383 pp.
- Bonny, L. 1987. Seed germination test methods used for Australian tree species at Coff's harbour research centre. Technical Paper No. 39. Forestry Commission of New South Wales. Australia.
- Castañeda-Saucedo, M. C.; López-Castañeda, C.; Colinas, B. Ma. T.; De León, J. C.; Molina, M. y Hernández, L. A. 2009. Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Rev. Interciencia*. 34:4.
- Copeland, L. O. and McDonald, M. B. 1995. Principles of seed science and technology. Third edition. Chapman and Hall. New York, USA. 409 p.
- Corbineau, F. 2012. Marks of seed quality: from present to future. *Seed Sci. Res.* 22:61-68.
- Delouche, J. C. 1979. Preparación de programas de semillas. *In: mejoramiento de la producción de semillas; manual de formulación, ejecución y evaluación de programas y proyectos de semillas*. Feistritzer, W. Py Nelly, A. F. (Eds.). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italy. 47-99 p.
- Desai, B. B.; Kotecha, P. M. and Salunkhe, D. K. 1997. Seeds handbook: biology, production, processing, and storage. Marcel Dekker, Inc. New York. 627
- Di Rienzo, J. A.; Casanoves, F.; Balzarini, M. G.; González, L.; Tablada, M. and Robledo, C. W. 2008. InfoStat. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*. 31(1):74-85.
- Dornbos, D. L. Jr. 1995. Seed vigour. *In: seed quality; basic mechanisms and agricultural implications*. Barra, A. S. (Ed.). Food Products Press. New York, USA. 45-80 p.
- Ellis, R. H. 1992. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Reg.* 11: 249-255.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2012. State of world aquaculture: 2012. FAO feed and elsewhere as seed for new crops Technical Paper. No. 500. Rome, FAO. 134 p.
- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. *In: seed vigour testing seminar*, Copenhagen. Zurich: international Seed Testing Association. 1-9 pp.
- Flores, H. A. 2004. Introducción a la tecnología de semillas. Primera edición. Universidad Autónoma de Chapingo. 160 p.
- Franca, N. J. B.; Krzyzanowski, F. C.; Henning, A. A.; West, S. H. and Miranda, L. C. 1993. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stresses during filling. *Seed Sci. Technol.* 21:107-116.
- Gharoobi, B. 2011. Effects of seed size on seeding characteristics of five barley cultivars. *Iranian J. Plant Physiol.* 1(4):265-270.
- Ghassemi, G. K.; Soltani, A. and Atashi, A. 1997 Effect of water limitation in the field on seed quality of maize and sorghum. *Seed Sci Technol.* 25: 321-323.
- Grass, L. and Burris, J. S. 1995. Effect of heat during seed development and maturation on wheat (*Triticum durum*) seed quality. I seed germination and seedling vigor. *Can. J. Plant Sci.* 821-829 p.
- Heatherly, L. G. 1993. Drought stress and irrigation effects on germination of harvested soybean seed. *Crop Sci.* 33:777-781.
- IERAL (Instituto de Estudios sobre la Realidad Argentina y Latinoamericana). 2012. IERAL Litoral. La transformación del trigo y las cadenas agroindustriales. Documento de Trabajo Núm. 40.
- ISTA (International Seeds Testing Association). 2005. International rules for seed testing, rules. Zurich. Switzerland.
- Kelly, A. F. 1988. Seed production of agricultural crops. Longman scientific and technical. Wiley, J. and Sons. Inc. New York, USA. 227 p.
- Marcos, F. J. 1994. Utilização de testes de vigor em programas de qualidade de sementes. *Informativo Abrates*, Londrina. 4(2):33-35.
- McDonald, Jr. M. B. 1985. Physical seed quality of soybean. *Seed Sci. Technol.* 13:601-628.
- Moreno, M. E. 1993. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología, UNAM. México, 393 pp.
- NMX-FF-036-1996. Productos alimenticios no industrializados, cereales, trigo. (*Triticum aestivum* L. y *Triticum durum* desf.). Especificaciones y métodos de prueba.
- Rodríguez, G. R. E.; Ponce, M. J. F.; Rueda, P. E. O.; Avendaño, R. L.; Paz, H. J. J.; Santillano, C. J. y Cruz, V. M. 2011. Interacción genotipo-ambiente para la estabilidad de rendimiento en trigo en la región de Mexicali, B. C., México. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 14(2):543-558.
- Tekrony, D. M. and Egli, D. B. 1997. Relationship of seed vigor to crop yield a review. *Crop Sci.* 31:816-822.
- Villaseñor, M. H. E.; Hortelano, S. R.; Rodríguez, G. M. F.; Martínez C. E. y Fernández, S. R. 2012. Variedades de trigo recomendadas para siembras de temporal en el estado de Tlaxcala. INIFAP, CIRCE. Sitio Experimental Tlaxcala. Folleto técnico Núm. 50.

*End of the English version*

