



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

**INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS**

**CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**PRODUCCIÓN DE SEMILLAS**

## **CALIDAD DE LA SEMILLA DE TRIGO DE TEMPORAL EN FUNCIÓN DEL AMBIENTE DE PRODUCCIÓN**

**ROGELIO FERNÁNDEZ SOSA**

**T E S I S**  
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL  
PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

2014

La presente tesis titulada: **Calidad de la semilla de trigo de temporal en función del ambiente de producción** realizada por el alumno: **Rogelio Fernández Sosa** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS  
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD  
PRODUCCIÓN DE SEMILLAS**

**CONSEJO PARTICULAR**

**CONSEJERO:**   
\_\_\_\_\_  
**DR. AQUILES CARBALLO CARBALLO**

**ASESOR:**   
\_\_\_\_\_  
**MC. ADRIÁN HERNÁNDEZ LIVERA**

**ASESOR:**   
\_\_\_\_\_  
**DR. HÉCTOR E. VILLASEÑOR MIR**

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Diciembre de 2014

## AGRADECIMIENTOS

Al **Colegio de Postgraduados (COLPOS)** *Campus* Montecillo, de manera especial al Postgrado en Producción de Semillas por darme la oportunidad de realizar mis estudios.

Al **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP)**, por apoyarme en continuar con los estudios de maestría.

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT)**, por brindarme el apoyo económico para cursar mis estudios.

Al **Dr. Aquiles Carballo Carballo**, por su gran calidad humana y profesional; además de todo el apoyo, guía y enseñanza para la realización de este trabajo. Por su excelente sentido del humor.

Al **Dr. Héctor E. Villaseñor Mir**, por su disposición y profesionalismo para realizar investigación en México; además de su gran sentido humano e impulsar la formación de nuevos investigadores. Por todas las facilidades y apoyo para realizar el presente trabajo.

Al **M.C. Adrián Hernández Livera**, por sus comentarios, observaciones y sugerencias para realizar esta tesis. También por su amistad y guía durante mi estancia en el COLPOS.

A la **Dra. María Elena Ramírez**, por su amistad, y siempre valioso apoyo, observaciones, sugerencias y comentarios para mejora de la presente tesis.

Al **Dr. J. Apolinar Mejía** y **M.C. Julio Arturo Estrada**, por su amistad y buen trato durante mi estancia en el COLPOS.

Al **Dr. Alejandro P. Ceballos Silva**, por su amistad y brindarme las facilidades para continuar con mis estudios de maestría.

Al personal de laboratorio y campo: **Bárbara, Vicente, Sóstenes, José Luis y Jorge** por el apoyo recibido durante la obtención de datos en los experimentos establecidos.

Al Fondo Sectorial **CONACYT-SAGARPA**, por el financiamiento de la presente investigación a través del proyecto: **“Sistema de mejoramiento genético para generar variedades resistentes a royas, de alto rendimiento y calidad para una producción sustentable de trigo en México”** No. 146788.

## **DEDICATORIA**

### *A DIOS....*

Por la oportunidad que me brinda cada día de continuar en mi camino.

### *A LINI....*

Mi querida esposa por su amor, cariño y respeto que tiene todos los días. Por impulsarme y nunca cansarse.

### *A mis hermosas hijas MANCI y TALLIS....*

Por todo el cariño y amor que me demuestran todos los días.

### *A mis PADRES....*

**GILDARDO y GUADALUPE** por darme la vida y por sus enseñanzas de vida.

### *Al Pbro. JORGE LUIS CHUELA....*

Por el cariño que nos demuestra todos los días y sus sabios consejos. Por estar siempre, en los momentos más importantes para nuestra familia.

### *A VÍCTOR, MARU Y JUNIOR....*

Por su amistad y contar siempre con su apoyo y comprensión.

## CONTENIDO

<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	vii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	xiii
<b>SUMMARY</b> .....	xv
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>1.1 Objetivos</b> .....	3
<b>1.2 Hipótesis</b> .....	3
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
<b>2.1 Antecedentes del mejoramiento genético en trigo para temporal</b> .....	4
<b>2.2 Calidad de semilla</b> .....	6
2.2.1 Calidad genética .....	7
2.2.2 Calidad física .....	7
2.2.3 Calidad fisiológica .....	8
2.2.4 Calidad sanitaria.....	10
<b>2.3 Factores que afectan la calidad de las semillas</b> .....	11
<b>2.4 Efecto del ambiente sobre la calidad de las semillas</b> .....	15
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	17
<b>3.1 Evaluación de la calidad física</b> .....	23
3.1.1 Variables evaluadas .....	23
<b>3.2 Análisis de la calidad fisiológica de las semillas</b> .....	24
3.2.1 Prueba de germinación en laboratorio .....	24
3.2.1.1 Variables evaluadas .....	24
3.2.2 Evaluación de la calidad fisiológica en invernadero .....	25
3.2.2.1 Variables evaluadas .....	26
<b>3.3 Análisis estadístico</b> .....	28
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	29
<b>4.1 Análisis físico de la semilla</b> .....	29
4.1.1 Peso Volumétrico.....	29
4.1.2 Peso de mil semillas.....	37

<b>4.2 Calidad fisiológica de la semilla</b> .....	45
4.2.1 Prueba de germinación en laboratorio .....	45
4.2.2 Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla en condiciones de invernadero .....	67
4.2.2.1 Velocidad de emergencia.....	68
4.2.2.2 Porcentaje de germinación.....	75
4.2.2.3 Longitud de plántula.....	86
4.2.2.4 Calificación inicial de vigor .....	89
4.2.2.5 Peso seco de plántulas .....	91
<b>V. DISCUSIÓN GENERAL</b> .....	94
<b>VI. CONCLUSIONES</b> .....	99
<b>VII. LITERATURA CITADA</b> .....	101

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Escala para clasificación de plántulas normales en ensayo de trigo.....	28
Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de calidad física evaluadas en laboratorio.....	29
Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR* FUNG para la variable peso volumétrico de 14 variedades de trigo tratadas con y sin fungicida.....	32
Cuadro 4. Comparación de medias de la interacción LOC*VAR (Tukey, 0.05) para la variable peso volumétrico de 14 variedades de trigo. ....	33
Cuadro 5. Comparación de medias de la interacción LOC*VAR*FUNG (Tukey, 0.05) para la variable peso volumétrico de 14 variedades de trigo con y sin tratamiento de fungicida. ....	36
Cuadro 6. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR para la variable peso de mil semillas evaluada en 14 variedades de trigo. ....	40
Cuadro 7. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*FUNG para la variable peso de mil semillas con y sin aplicación de fungicida en 11 localidades. ....	41
Cuadro 8. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR*FUNG para la variable peso de mil semillas con y sin aplicación de fungicida en 14 variedades de trigo.....	42
Cuadro 9. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR*FUNG para la variable peso de mil semillas en 14 variedades de trigo con y sin aplicación de fungicida.....	44
Cuadro 10 .Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de calidad fisiológica evaluadas en laboratorio. ....	45
Cuadro 11. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR para la variable porcentaje de germinación de 14 variedades de trigo en laboratorio.....	48
Cuadro 12. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*FUNG para la variable porcentaje de germinación en laboratorio.....	49

Cuadro 13. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR*FUNG para la variable porcentaje de germinación en laboratorio.....	50
Cuadro 14. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR*FUNG para la variable porcentaje de germinación en laboratorio.....	52
Cuadro 15. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR para la variable plántulas anormales en la prueba de germinación en laboratorio. ....	56
Cuadro 16. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*FUNG para la variable porcentaje de plántulas anormales en la prueba de germinación en laboratorio.....	57
Cuadro 17. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR*FUNG para la variable porcentaje de plántulas anormales en laboratorio. ....	59
Cuadro 18. Comparación de medias de la interacción LOC*VAR para la variable porcentaje de semillas sin germinar en la prueba de germinación de laboratorio.....	64
Cuadro 19. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR*FUNG para la variable porcentaje de semillas sin germinar en la prueba de germinación de laboratorio. ....	66
Cuadro 20. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de calidad fisiológica evaluadas en invernadero.....	67
Cuadro 21. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*FUNG para la variable velocidad de emergencia.....	70
Cuadro 22. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR*FUNG para la variable velocidad de emergencia.....	71
Cuadro 23. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR para la variable velocidad de emergencia de 14 variedades de trigo. ....	73
Cuadro 24. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR*FUNG para la variable velocidad de emergencia.....	74
Cuadro 25. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR para la variable porcentaje de germinación en invernadero de 14 variedades de trigo.....	77

Cuadro 26. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*FUNG para la variable porcentaje de germinación en invernadero. ....	78
Cuadro 27. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR*FUNG para la variable porcentaje de germinación en invernadero. ....	79
Cuadro 28. Comparación de medias (Tukey, 0.05) en la interacción LOC*VAR*FUNG para la variable porcentaje de germinación de 14 variedades de trigo bajo condiciones de invernadero. ....	81
Cuadro 29. Comparación de medias de la interacción LOC*VAR para la variable plántulas anormales en la prueba de germinación. ....	85
Cuadro 30. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC*VAR para la variable longitud de plántula de 14 variedades de trigo en 11 localidades. ....	88

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de medias (Tukey, 0.05) por localidad para la variable peso volumétrico evaluada en 14 variedades de trigo. ....	30
Figura 2. Comparación de medias (Tukey, 0.05) por variedad para la variable peso volumétrico evaluada en 11 localidades. ....	31
Figura 3. Comparación de medias (Tukey, 0.05) para la variable peso volumétrico con y sin aplicación de fungicida en la etapa de floración. ....	31
Figura 4. Comparación de medias de la interacción LOC*FUNG (Tukey, 0.05) para la variable peso volumétrico evaluada en 14 variedades de trigo. ....	34
Figura 5. Comparación de medias (Tukey, 0.05) por localidad para la variable peso de mil semillas. ....	37
Figura 6. Comparación de medias (Tukey, 0.05) por variedad para la variable peso de mil semillas. ....	38
Figura 7. Comparación de medias (Tukey, 0.05) para la variable peso de mil semillas con y sin aplicación de fungicida en la etapa de floración. ....	38
Figura 8. Porcentaje de germinación por localidad en la prueba de laboratorio. ....	46
Figura 9. Porcentaje de germinación de 14 variedades de trigo en la prueba de laboratorio. ....	47
Figura 10. Efecto de la aplicación de fungicida sobre el porcentaje de germinación en la prueba de laboratorio. ....	47
Figura 11. Porcentaje de plántulas anormales por localidad en la prueba de germinación en laboratorio. ....	53
Figura 12. Porcentaje de plántulas anormales por variedad en la prueba de germinación en laboratorio. ....	54

Figura 13. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR*FUNG para la variable porcentaje de plántulas anormales. ....	55
Figura 14. Porcentaje de semillas sin germinar por localidad en la prueba de germinación en laboratorio.....	60
Figura 15. Porcentaje de semillas sin germinar por variedad en la prueba de germinación en laboratorio.....	61
Figura 16. Efecto de la aplicación de fungicida sobre el porcentaje de semillas sin germinar en la prueba de germinación en laboratorio. ....	61
Figura 17. Porcentaje de semillas sin germinar de la interacción LOC*FUNG en la prueba de germinación en laboratorio. ....	62
Figura 18 Porcentaje de semillas sin germinar de la interacción VAR*FUNG en la prueba de germinación en laboratorio. ....	65
Figura 19. Velocidad de emergencia de 14 variedades de trigo en la prueba en invernadero.....	68
Figura 20. Velocidad de emergencia por localidad en la prueba en invernadero.....	69
Figura 21. Efecto de la aplicación de fungicida (con y sin) sobre la velocidad de emergencia en la prueba en invernadero. ....	69
Figura 22.Porcentaje de germinación de 14 variedades de trigo en la prueba en invernadero.....	75
Figura 23. Porcentaje de germinación por localidad en la prueba de germinación.....	76
Figura 24. Efecto de la aplicación de fungicida (con y sin) en la variable porcentaje de germinación en invernadero. ....	76
Figura 25. Porcentaje de plántulas anormales por localidad en la prueba de germinación en invernadero. ....	82

Figura 26. Porcentaje de plántulas anormales por variedad en la prueba de germinación en invernadero. ....	83
Figura 27. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR*FUNG para la variable porcentaje de plántulas anormales. ....	84
Figura 28. Longitud de plántula de 14 variedades de trigo por localidad en la prueba de germinación. ....	86
Figura 29. Longitud de plántula de 14 variedades de trigo en la prueba de germinación. ....	87
Figura 30. Longitud de plántula promedio de 14 variedades de trigo tratadas con y sin fungicida. ....	87
Figura 31. Calificación (A) de plántulas de trigo de acuerdo al vigor (B). ....	89
Figura 32. Porcentaje de plántulas clasificadas como muy vigorosas de 14 variedades de trigo en la prueba en invernadero ....	90
Figura 33. Porcentaje de plántulas clasificadas como muy vigorosas por localidad en la prueba en invernadero. ....	90
Figura 34. Efecto de la aplicación de fungicida (con y sin) sobre el porcentaje de plántulas clasificadas como muy vigorosas en la prueba en invernadero. ....	91
Figura 35. Peso seco de plántula de trigo por localidad en la prueba en invernadero. ....	92
Figura 36. Peso seco de plántula de 11 variedades de trigo en la prueba de invernadero. ....	92
Figura 37. Efecto de la aplicación de fungicida (con y sin) para la variable peso seco de plántula en la prueba de invernadero. ....	93

## **CALIDAD DE LA SEMILLA DE TRIGO DE TEMPORAL EN FUNCIÓN DEL AMBIENTE DE PRODUCCIÓN**

**Rogelio Fernández Sosa, M. C.**

**Colegio de Postgraduados, 2014**

En México se emplea el 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. La semilla utilizada en laboratorio proviene de 14 variedades sembradas en 2012 bajo condiciones de temporal en 11 ambientes de producción, en las que, adicionalmente se probó el tratamiento de fungicida. La calidad física se determinó mediante el peso volumétrico y 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. En peso volumétrico la variedad NANA F2007 presentó el mayor valor ( $75.2 \text{ Kg hL}^{-1}$ ), mientras que las localidades que destacaron en esta variable 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 las variables evaluadas la aplicación con fungicida superó al tratamiento sin aplicación. La germinación varió bajo condiciones ambientales contrastantes, complementada con la aplicación de fungicida; en Coatepec superó el 95% en promedio de las 14 variedades con

aplicación de fungicida. 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, laboratorio, invernadero ambiente de producción.

## **SEED QUALITY OF WHEAT IN TERMS OF RAINFED PRODUCTION ENVIRONMENT**

**Rogelio Fernández Sosa, M. C.**

**Colegio de Postgraduados, 2014**

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 for evaluating its quality. This study was conducted in virtue of the importance of the physical and physiological seed quality, and the ability to optimize both characteristics through agronomic management. The seed used in the laboratory came for fourteen varieties grown in 2012 under rainfed conditions in 11 production environments, where additionally a fungicide treatment was tested. The physical quality was determined volumetric weight and kernels one thousand weight; physiological quality was evaluated in greenhouse and laboratory conditions, and the variables evaluated were: germination, abnormal seedlings, ungerminated seeds, emergence rate, seedling length, seedling dry weight and vigor. Interaction Variety x Location x Fungicide showed highly significance for all variables except length and seedling dry weight. The variety NANA F2007 showed the highest volumetric weight (75.2 kg hL<sup>-1</sup>). Localities with the highest volumetric weight were Juchitepec and Coatepec. For thousand seed weight was higher with MAYA S2007 at Huamantla, with application of fungicide. Most of the variables evaluated applying fungicide treatment exceeded that without application. Germination ranged under contrasting environmental conditions, supplemented with fungicide application; Coatepec exceeded 95% on average of the 14 varieties with fungicide application. The production environment, variety and fungicide application influenced positively in the physical and physiological seed quality.

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

## I. INTRODUCCIÓN

El trigo ocupa el segundo lugar en el mundo después del maíz; alrededor del 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). Los principales países productores son: India (12.3%), Comunidad Europea (11.9%), Rusia (11.2%), China (10.9%) y Estados Unidos (9.4%). El rendimiento promedio a nivel mundial se incrementó durante las últimas décadas; 1.26 ton ha<sup>-1</sup> en los 60's, 1.68 ton ha<sup>-1</sup> en los 70's, 2.14 ton ha<sup>-1</sup> en los 80's, 2.55 ton ha<sup>-1</sup> en los 90's, 2.75 ton ha<sup>-1</sup> en la presente década (USDA, 2012) y en 2011 fue de 2.8 t ha<sup>-1</sup> (Banco Mundial, 2012).

La producción de trigo ha sufrido altas y bajas mientras que el aumento en el consumo ha sido gradual y constante; por ejemplo, en 1980 se obtuvieron cerca de 400 millones de toneladas (MT), en 1989 se lograron 500 MT, 10 años después se cosecharon 600 MT, y para el 2009 la producción fue cercana a 670 MT, volúmenes que prácticamente se han consumido como consecuencia del crecimiento de la población. Una estrategia utilizada para enfrentar crisis emergentes en la producción mundial de trigo ha sido mantener inventarios de reserva altos, mismos que durante los 80's y 90's fueron mayores a 170 MT; sin embargo, durante la presente década han sido de 140 MT; es decir, se tiene trigo almacenado solamente para surtir por tres meses la demanda de la población mundial, y se estima, de acuerdo con la tasa de crecimiento de la producción y del consumo, que para el 2020 se tendrá un déficit de 75 MT (USDA-FAS, 2008).

En México, además de los problemas asociados con la productividad del trigo, nos encontramos con una producción incongruente con las demandas de la industria, sobre todo porque existe un enorme déficit de trigo duro panificable. Por esta razón, algunos

productores cometen el error de cultivar variedades de trigo panificable en aéreas para las cuales no fueron desarrolladas, lo que resulta en la inadaptabilidad del cultivo, la obtención de rendimientos bajos y la susceptibilidad a enfermedades para las cuales no fueron mejoradas. Además, los productores no están acostumbrados a utilizar semilla certificada, desplazando grano de diferentes regiones que utilizan como semilla, la cual es de mala calidad tanto física, fisiológica y sanitaria, lo que repercute en la productividad.

Hasta el verano del 2002, las variedades recomendadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) para siembras de temporal, tenían resistencia a la roya amarilla, a excepción de Temporalera M87, que es moderadamente susceptible (Villaseñor *et al.*, 2009). En el verano del 2003, se observó una nueva raza identificada como MEX03.37 (219MEX0) que se caracterizó por infectar la espiga de diversas variedades que habían sido resistentes (Rodríguez *et al.*, 2008), y en el verano del 2004, esta nueva raza venció la resistencia de las variedades Zacatecas VT74, Salamanca S75, Pavón F76, Saturno S86, Gálvez M87, Cortázar S94 y Batán F96, y como consecuencia provocó pérdidas del orden del 75% en el rendimiento. Rodríguez *et al.* (2010), han reportado 30 razas fisiológicas de roya amarilla de trigo en los Valles Altos de México y se ha encontrado virulencia para los genes *Yr1*, *2*, *6*, *7*, *17*, *27* *Polly A*, en casi todas las áreas productoras de trigo de temporal y de riego del país (Rodríguez *et al.*, 2008).

Además de lo anterior, el principal atributo a considerar para evaluar la calidad y el potencial de un lote de semillas es la capacidad para germinar y producir una planta normal; sin embargo, resulta indispensable considerar otros aspectos importantes relacionados con manejo y comercialización. Entre estos aspectos están la pureza física y

varietal, germinación, sanidad, vigor y el contenido de humedad. Para ello, se cuenta con los siguientes procedimientos para evaluar la calidad de las semillas: análisis de pureza física, pruebas de pureza varietal, pruebas de viabilidad, germinación, vigor, y de sanidad.

Con base en la importancia de la calidad física y fisiológica de la semilla y la posibilidad del mejoramiento de ambas características mediante el manejo agronómico de las variedades, en esta investigación se plantearon los siguientes objetivos e hipótesis.

### **1.1 Objetivos**

- a) Evaluar el efecto del ambiente de producción en la calidad física y fisiológica de la semilla de trigo de temporal en 11 localidades de los Valles Altos Centrales de México.
- b) Determinar si la aplicación de fungicida para el control de enfermedades foliares tiene efecto positivo en la germinación y vigor de la semilla.

### **1.2 Hipótesis**

- a) El ambiente de producción y el genotipo influyen en la calidad física y fisiológica de la semilla de trigo en temporal.
- b) Las variedades de trigo responden diferencialmente al manejo agronómico en germinación y vigor de la semilla.
- c) La aplicación de fungicida para el control de enfermedades foliares, influye favorablemente en la calidad física y fisiológica de la semilla.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes del mejoramiento genético en trigo para temporal

En el ciclo otoño-invierno de 1969-1970, se iniciaron en Roque, Gto. los primeros aportes de mejoramiento genético de trigo para temporal. Durante ese ciclo se evaluaron las poblaciones segregantes  $F_2$  y el grupo de líneas uniformes bajo condiciones de riego parcialmente restringido. Ese germoplasma se probó durante el verano de 1970 en un temporal con sequía en Huamantla, Tlax., mientras que las líneas uniformes seleccionadas en Roque, Gto., se evaluaron en un ensayo de rendimiento sembrado en diversas condiciones de temporal en la región de los Valles Altos de México (Villaseñor *et al.*, 2009).

En 1974 dan frutos los trabajos de investigación en el mejoramiento genético con la liberación de las primeras variedades de trigo para temporal que se registraron con los nombres de Zacatecas VT74, Cleopatra VS74, Chapingo VF74 y Narro VF74. A esas variedades se les identificó con una letra "V", que indicaba que eran para siembra en verano o temporal. De este modo, se reconoce al CAEVAMEX como centro pionero del mejoramiento genético de trigo para temporal en México (Villaseñor *et al.*, 2009).

En el ciclo otoño-invierno de 1978-1979 en Roque, Gto. se aplicó a los experimentos sólo dos riegos, modalidad conocida como riego restringido (RR); además, para el ciclo verano de 1979 se evaluó en temporales críticos (TC) como los de Calera, Zac., Sandoval, Ags., Perote, Ver., Norte de Guanajuato y en el Valle del Mezquital. Esos cambios permitieron liberar en 1982 las variedades México M82 y Mixteco S82, la segunda en honor al Ing. Genaro Cruz Rivera, fallecido en 1981 (Villaseñor *et al.*, 2009).

En 1982, en la Mixteca Oaxaqueña, se condujo la prueba más rigurosa para seleccionar material segregante bajo sequía, modalidad conocida como humedad residual (HR); también en ese año se estableció el primer ensayo uniforme para trigo de temporal denominado Ensayo de Trigo para Temporal Zona Centro (ETTZC); el alcance del ensayo era la región Centro de México debido a que el programa de trigo del CAEVAMEX quedó marginado a trabajar solamente en esa parte del país. A fines de 1985 cuando México había logrado su producción récord y se vivían fuertes problemas fitopatológicos, de escasez de agua para la siembra y baja rentabilidad en el trigo irrigado en las principales áreas productoras del país, las siembras de temporal empezaban a tener importancia (Villaseñor *et al.*, 2009).

Así, por ejemplo, durante 1976 fueron cultivadas en el país alrededor de 62 mil ha, para 1988 la superficie llegó casi a las 200 mil ha. En el estado de Tlaxcala fue donde se obtuvieron incrementos de superficie sembrada, pasando de 2 mil 500 a cerca de 50 mil ha durante la década de 1980 (Villaseñor *et al.*, 2009).

En 1985 el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) cambia de nombre por el de Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) y el CAEVAMEX modifica su nombre a Campo Experimental Valle de México (CEVAMEX). Debido a la importancia de las siembras de trigo de temporal, en 1988 se decidió retomar las características de las áreas temporaleras del país y definir la problemática del cultivo en las mismas con el objeto de determinar las principales condiciones de producción y las variedades más adecuadas para cada una de éstas. Fue así como se definieron tres condiciones de producción (Villaseñor *et al.*, 2009).

## 2.2 Calidad de semilla

La semilla es una unidad reproductiva compleja, que se forma a partir del óvulo vegetal, después de la fertilización (Doria, 2010). La semilla es un insumo de gran importancia en el proceso productivo y su calidad es indispensable para la implementación de labores tecnológicas adecuadas (Marcos Filho, 1994) mejorando la producción y rentabilidad (Doria, 2010). La calidad de un lote de semillas comprende una serie de características o atributos que determinan su valor para la siembra; dentro de los más relevantes están pureza genética y calidad fisiológica, física y sanitaria (Obrador, 1982; McDonald, 1985; Marcos Filho 1994; Bishaw *et al.*, 2007; Corbineau, 2012.). En general, una semilla de buena calidad es el principal requisito para el buen rendimiento de los cultivos, ya que de esta manera se producirán plantas fuertes, resistentes a enfermedades y a condiciones adversas (FAO, 1985).

La calidad de la semilla es un concepto múltiple que comprende varios componentes y atributos (Thomson, 1979; McDonald, 1985) entre los que se encuentran la fidelidad del cultivar, daños mecánicos, capacidad y vigor de germinación, infecciones debidas a enfermedades, daños provocados por insectos, tratamientos químicos, tamaño, contenido de humedad y frecuencia de contaminantes tales como semillas de malezas comunes y nocivas, semillas de otros cultivos y materia inerte (Delouche, 1979). Sin embargo, todos los análisis deben de considerarse de forma complementaria y no aislada para realizar un diagnóstico real y verdadero (Roca, 2003).

En el caso de cereales de grano pequeño, el término calidad de semillas normalmente es utilizado con referencia únicamente al tamaño, germinación y vigor de la semilla (Ellis, 1992).

### **2.2.1 Calidad genética**

La calidad genética de la semilla se refiere a las características que determina el fitomejorador, al liberar una variedad (Bustamante, 1983). La calidad genética de las semillas es la más importante, debido a que garantiza que las plantas obtenidas a partir de ellas posean las características deseadas (Kelly, 1998).

Las características genéticas específicas inherentes a la constitución genética en la semilla proporcionan el potencial para altos rendimientos, mejor calidad de semilla y tolerancia a factores bióticos y abióticos (Bishaw *et al.*, 2007; Corbineau, 2012).

La calidad genética se puede perder en el corto o mediano plazo si no se sigue un esquema apropiado de mantenimiento, que permita conservar las características originales por las que tal variedad fue liberada (Carballo *et al.*, 1993).

### **2.2.2 Calidad física**

Las características físicas de las semillas consideradas como factores de calidad son: contenido de humedad, peso volumétrico y la pureza física. Adicionalmente se pueden considerar el color, tamaño de la semilla, peso de mil semillas y el daño por hongos e insectos (Garay, 1989) tamaño, brillantez, pureza analítica, ausencia de semillas de malezas comunes y nocivas, y de otros cultivos (Castañeda *et al.*, 2009).

La calidad física está asociada a la condición visible de la estructura o apariencia física de la semilla que se interpreta como la conservación de la integridad de la cubierta, que puede ser alterada durante o después de la cosecha (McDonald, 1985).

El peso volumétrico generalmente se expresa en kilogramos por hectolitro y es la relación que guarda el peso de la semilla en un volumen estándar de medida. El valor de este atributo está dado por la densidad y las características físicas de la semilla en cuanto a espesor y anchura (Rodríguez *et al.*, 2011).

### **2.2.3 Calidad fisiológica**

Esta se refiere a la característica de viabilidad de las semillas, a la alta capacidad de germinación y de vigor para establecer nuevos individuos; calidad que es el resultado de la expresión de factores propios del genoma de la semilla y de su interacción con los factores ambientales que la rodean durante su desarrollo, cosecha y almacenamiento.

La calidad fisiológica es la capacidad de desempeñar funciones vitales, caracterizada por su germinación, vigor y longevidad (Popinigis, 1977). Además, comprende aquellos atributos intrínsecos que determinan su capacidad para germinar y producir poblaciones uniformes de plantas productivas bajo una amplia variación de condiciones ambientales (Andrade, 1992).

La viabilidad significa que una semilla es capaz de germinar y producir una plántula normal; por lo tanto se usa como sinónimo de la capacidad de germinación. La viabilidad denota el grado con el cual la semilla está viva, activa metabólicamente y posee enzimas capaces de catalizar las reacciones metabólicas necesarias para la germinación y el desarrollo de la plántula, así una semilla viva puede contener tanto tejido vivo como tejido muerto, y puede o no ser capaz de germinar (Copeland y McDonald, 1995).

La germinación comprende aquellos eventos que inician con la absorción de agua por la semilla (imbibición) y terminan con el alargamiento del eje embrionario. Usualmente el

signo visible de que la germinación se ha completado, es cuando la radícula traspasa las estructuras que rodean al embrión, resultado que a menudo se conoce como germinación visible. La ISTA (2005) define germinación de semilla como la emergencia y desarrollo de la plántula a un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si son o no capaces de desarrollarse en una planta satisfactoria bajo condiciones favorables de suelo.

La prueba de germinación es el procedimiento más ampliamente usado y aceptado como indicador de la calidad de un lote de semilla. Sin embargo, debido a que esta prueba se realiza bajo condiciones óptimas para cada especie, en la práctica la prueba de germinación ha mostrado sobreestimar el comportamiento de las semillas en campo (Copeland y McDonald, 2001).

En el trigo la mayor viabilidad y germinación se presenta poco antes de la madurez fisiológica, mientras que el máximo vigor se expresa justo en esta etapa fenológica (Tekrony y Egli, 1997). La temperatura óptima para la prueba de germinación en trigo es de 20 °C (Moreno, 1984).

En trigo la germinación se reduce considerablemente cuando las semillas se cosechan con contenidos de humedad superiores a 20 % y las temperaturas del ambiente son mayores a los 20 °C; el vigor máximo en trigo se ha obtenido a contenidos de humedad a la cosecha de 17 a 19 % (Schoberlein *et al.*, 1993).

El vigor es la suma de las propiedades que determinan la actividad y desempeño de lotes de semillas de germinación aceptable en un amplio rango de ambientes (ISTA, 2005). Los aspectos del desempeño asociados con el vigor de las semillas incluyen:

- Tasa, uniformidad de germinación y crecimiento de plántulas.
- Comportamiento en campo, incluyendo la tasa y uniformidad de la emergencia de las plántulas.
- Comportamiento después del almacenamiento y transporte, particularmente la disminución de la capacidad de germinación.

El primer componente de la calidad que muestra señales de deterioro es el vigor, seguido por una reducción de la germinación o de la producción de plántulas normales, y finalmente la muerte de las semillas (Ferguson, 1995).

Existe el consenso general de considerar al vigor como el factor más importante de la calidad fisiológica de la semilla (Abdul-Bahi y Anderson, 1972; Delouche, 1979; Perry, 1981; AOSA, 1983; ISTA, 2005).

#### **2.2.4 Calidad sanitaria**

Según la ISTA (2005), la sanidad de semilla se refiere principalmente a la presencia o ausencia de organismos que causan enfermedades, tales como hongos, bacterias, virus y plagas, incluyendo nematodos e insectos, pero pueden estar involucradas condiciones fisiológicas tales como deficiencia de algún elemento. La condición sanitaria de un lote de semilla es el principal elemento de la calidad conjuntamente con la pureza y el poder germinativo.

En el caso específico de la semilla de trigo (INTA, 2002):

- a) La mayoría de los patógenos que afectan la parte aérea de las plantas, infectan la semilla y pueden ser visibles o llevados de forma sistémica y ocasionan fallas en la

germinación y el establecimiento del cultivo, o enfermedades en plantas adultas; por ejemplo, los hongos causales de “tizón de plantas”, “manchas foliares” y “carbones”.

- b) Las enfermedades transmitidas por semilla causan pérdidas de rendimiento por la reducción del número y peso de granos, y por la disminución de la calidad comercial.
- c) Pueden producir micotoxinas.

### **2.3 Factores que afectan la calidad de las semillas**

La calidad fisiológica de las semillas puede ser afectada por diversos factores; entre los más importantes están los siguientes:

**a) Factores genéticos:** La constitución genética de la semilla puede influenciar sus características de calidad fisiológica; así, diferentes variedades de una misma especie pueden presentar mayor o menor vigor y longevidad.

**b) Adversidad durante el desarrollo de la semilla:** Una semilla alcanza su madurez fisiológica cuando logra el máximo contenido de materia seca (Grass y Burris, 1995).

**c) Adversidades en el campo después de la maduración fisiológica y antes de la cosecha:** Condiciones de temperatura extrema, daños por insectos, ataque por microorganismos y variaciones en el contenido de humedad (Valadez, 1991).

**d) Grado de madurez:** El grado de madurez al momento de la cosecha afecta la calidad fisiológica de la semilla (Grass y Burris, 1995).

**e) Tamaño de la semilla:** En muchas especies es indicativo de su calidad fisiológica, así dentro de un mismo lote, las semillas pequeñas pueden presentar menor germinación y vigor que las semillas de tamaño grande.

**f) Densidad de las semillas:** Semillas ya clasificadas por su tamaño, pueden ser separadas por densidad o gravedad específica.

**g) Daños durante la cosecha y acondicionamiento:** Además de los daños visibles, las semillas severamente dañadas durante la cosecha y el beneficio pueden sufrir reducciones en su calidad fisiológica. Puede haber reducción en el poder germinativo luego de que el daño ha sido hecho o pueden ocurrir efectos latentes, los cuales se verán durante el almacenamiento (Brauer, 1985).

**h) Daños térmicos durante el secado:** La operación de secado puede predisponer a las semillas a una rápida pérdida de germinación y vigor durante el almacenamiento. Los principales factores involucrados son la temperatura que la semilla alcanza y el tiempo de exposición (Grass y Burris, 1995).

**i) Contenido de humedad durante el almacenamiento:** Alto contenido de humedad es la mayor causa de reducción en la calidad fisiológica de semillas almacenadas.

**j) Condiciones ambientales en el almacenamiento:** La temperatura y la humedad del aire en que las semillas son almacenadas son los principales factores que afectan su calidad fisiológica. La humedad relativa del aire controla el contenido de humedad de la semilla, en tanto que la temperatura afecta la velocidad de los procesos bioquímicos.

**k) Tipo de empaque:** La conservación de la calidad fisiológica de las semillas bajo determinadas condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa del aire está relacionada al tipo de empaque empleado. Si las condiciones ambientales en que las semillas serán conservadas fuera de elevada humedad relativa, una conservación prolongada solamente será posible sobre el secado de la semilla y la manutención de su bajo contenido de humedad, por medio del empleo de empaques impermeables.

**l) Ataque por insectos:** Los insectos pueden volverse importantes agentes causales de daños a las semillas en campo o durante el almacenamiento, y reducir drásticamente su calidad fisiológica; la germinación y el vigor de la semilla pueden verse afectadas por la presencia de insectos de diversas maneras.

**m) Ataque por hongos:** Existen hongos capaces de invadir a las semillas durante su desarrollo o después de la maduración, cuando aún se encuentran en la planta antes de la cosecha.

La infección de plantas y semillas por diversos patógenos sean estos hongos, bacterias o virus, en el campo o en el almacén, pueden reducir directamente el vigor a través de mecanismos de degradación enzimática, producción de toxinas y regulación del crecimiento. La pérdida del vigor de la semilla debido a la infección por patógenos puede también ocurrir indirectamente, si la infección patógena llega al grado de limitar la habilidad de la semilla a desarrollarse normalmente en planta. Existen numerosos patógenos que atacan directamente a las semillas y los resultados de esta infección puede ir desde una semilla muerta, hasta una semilla que lleve el patógeno sin demostrar el efecto de la enfermedad sobre el vigor (Dornbos, 1995).

Moreno (1993) menciona que los hongos que se alojan en las semillas causan diferentes daños, llegando al extremo de ocasionar la muerte del embrión si la infección es muy severa; por el contrario, con infecciones leves, las semillas no pierden su poder germinativo pero sí puede verse afectado su vigor.

Además, la semilla debe tener buena calidad para el almacenamiento, a fin de garantizar la conservación de sus cualidades hasta el momento en que sea utilizada para la siembra.

La producción de trigo, ya sea de temporal o de riego (Villaseñor, 2004), es afectada por factores bióticos y abióticos; dentro de los primeros se encuentran las enfermedades fungosas y principalmente las ocasionadas por *Puccinia* spp. La roya amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*), de la hoja (*Puccinia triticina*) y del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) son las enfermedades más destructivas del trigo y las que más pérdidas han causado en el mundo en los últimos años (Line y Chen, 1995; Zwer y Qualset, 1994; Singh *et al.*, 2005).

El uso de cultivares resistentes es la mejor estrategia de lucha contra las royas del trigo, ya que es la vía más económica para controlar y minimizar las pérdidas, porque no ocasiona un costo adicional para el agricultor y es segura para el medio ambiente (Singh *et al.*, 2002; Singh *et al.*, 2005).

Villaseñor *et al.* (2012) mencionan que las áreas temporaleras de México son una alternativa para producir el faltante de trigo harinero panificable, ya que en cerca de un millón de hectáreas es mejor opción que el maíz; sin embargo, en estas siembras el déficit hídrico, las enfermedades y las bajas temperaturas son las principales limitantes de la producción.

En lo que se refiere a las enfermedades, en la variedad Tlaxcala F2000 la roya amarilla junto con el tizón foliar le causan mermas en el rendimiento de hasta 30%, de tal manera que las variedades son un componente importante para lograr mayor productividad en siembras de temporal (Villaseñor *et al.*, 2014).

#### **2.4 Efecto del ambiente sobre la calidad de las semillas**

Las semillas que se obtienen de diferentes estaciones de crecimiento o diferentes áreas geográficas, normalmente varían en su viabilidad y capacidad de germinación; estas variaciones pueden deberse a las condiciones ambientales prevalecientes durante la formación, desarrollo y maduración de la semilla (Franca *et al.*, 1993; Bishaw *et al.*, 2007), constitución genética (Pasin *et al.*, 1991), tamaño (Gan *et al.*, 1992) y la forma, cubierta, firmeza, contenido de humedad, condiciones de secado y almacenamiento de la semilla (Bass, 1980).

En regiones con lluvias frecuentes o ambientes húmedos es difícil obtener semilla sana y vigorosa, debido a problemas con la polinización y la incidencia de enfermedades que pueden desarrollarse en las semillas (Bauer *et al.*, 1985).

La presencia de diferentes tipos de estrés ambiental durante la formación de la semilla influyen en su calidad. El estrés hídrico (Dornbos *et al.*, 1989; Ghassemi *et al.*, 1997) y las deficiencias de minerales, así como las temperaturas extremas en el ambiente (Franca *et al.*, 1993; Grass y Burris, 1995) son los más comunes y con mayor efecto en la calidad. Las deficiencias hídricas durante el llenado de grano pueden reducir la germinación (Heatherly, 1993), causar 100% de arrugamiento de la testa y disminuir significativamente el peso y vigor de semillas en soya (Franca *et al.*, 1993).

Las deficiencias de humedad acompañadas de altas temperaturas provocan una alta proporción de semillas pequeñas con baja germinación y vigor en soya (Dornbos y Müllen, 1991); el estrés hídrico y temperaturas de 32°C en el ambiente disminuyen la germinación en 11% de la semilla de frijol (*Phaseolus vulgaris* y *P. acutifolius*) (Lin y Markhart, 1996).

Las altas temperaturas aceleran la tasa de crecimiento del grano y acorta su duración, disminuyendo el peso final del grano (Grass y Burris, 1995; López-Castañeda y Richards, 1998).

Otro factor que afecta la calidad de la semilla es el estrés por frío, que incluye el daño por congelación ya que afecta tanto el desarrollo de la planta como el rendimiento (Thakur *et al.*, 2010). En cereales de grano pequeño los síntomas de helada pueden variar abundantemente, los cultivos tienden a dañarse esporádicamente y las plantas no presentan síntomas evidentes (Loss, 2005). La extensión de los entrenudos, la muerte de las espiguillas y la reducción del rendimiento de grano son los algunos de los daños causados a causa de las heladas (Whaley *et al.*, 2004).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el laboratorio de Análisis de Semillas del Postgrado en Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas, *Campus* Montecillo, en el Estado de México. El material genético utilizado en esta investigación fue proporcionado por el Programa Nacional de Trigo de Temporal del INIFAP del Campo Experimental Valle de México, el cuál consistió de semilla de catorce variedades de trigo de temporal cuyos nombres y características son los siguientes:

**Salamanca S75.** Variedad susceptible a la sequía, liberada por el INIFAP. Recomendada para El Bajío. En el año 1975, esta variedad presentó resistencia a razas de roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. tritici*) y susceptibilidad a la roya de la hoja (*Puccinia recondita f. sp. tritici*). Es una variedad semi-enana que alcanza los 95 cm de altura con madurez intermedia a precoz y con ciclo de vida de 135 días. La calidad panadera y molinera es buena (Ospina *et al.*, 2013).

**Temporalera M87.** Variedad tolerante a la sequía, liberada por el CIMMYT (Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo) en 1987. Es resistente a las principales enfermedades foliares. Tiene un ciclo semi-tardío que dura más de 150 días, con altura promedio de 90 cm y presenta alto contenido de gluten apto para la industria panadera (Ospina *et al.*, 2013).

**Gálvez M87.** Variedad liberada por el INIFAP. Es de ciclo precoz con un rango de 80 a 140 días a la madurez fisiológica. Es de tallo crema con resistencia al acame. Espiga color crema, de forma cuadrada, compacta y erecta. Grano color blanco, de forma ovoide, tamaño medio y con tipo de gluten medio (Moreno *et al.*, 1989).

**Cortázar S94.** Tiene hábito de crecimiento de primavera, es semi-enana, de 90 cm de altura; su ciclo vegetativo es intermedio, con 78 días a floración y 133 días a madurez fisiológica. Tiene hojas de color verde oscuro. Es moderadamente resistente al acame. Las espigas son de color blanco, oblongas, laxas, con barbas. El grano es de color rojo pálido, de forma ovoide, bordes redondeados y de endospermo suave. Es resistente a la roya del tallo, moderadamente susceptible a roya lineal amarilla y moderadamente resistente a roya de la hoja (Solís *et al.*, 1996).

**Bárceñas S2002.** Variedad susceptible a la sequía, liberada en 2002 por el SEBAJ (Servicios Educativos para el Bajío de México). Recomendada para El Bajío y Estado de México. Presenta mayor resistencia a roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis* f. sp. *tritici*) y posee varios genes de resistencia a la roya de la hoja (*Puccinia recondita* f. sp. *tritici*) (Terán y Singh, 2002). Tiene un ciclo de vida intermedio con 133 días a madurez fisiológica y alcanza una altura promedio de 86 cm (Solís *et al.*, 2003).

**Tlaxcala F2000.** Variedad de trigo harinero, liberada por el INIFAP en 2000. Recomendada para temporal en la región de los Valles Centrales de México. Posee tolerancia al acame. Sus espigas al madurar son de color amarillo claro, laxas y de posición ligeramente curvada. Tiene porte medio con altura de 85 cm. Es de ciclo precoz a intermedio con 118 días promedio a madurez fisiológica. Esta variedad es moderadamente resistente a enfermedades como la roya amarilla y de la hoja, presenta tolerancia al tizón foliar (*Cochliobolus sativus*), mancha bronceada (*Pyrenophora tritici-repentis*), mancha foliar (*Septoria tritici*), mancha de la hoja (*Fusarium nivale*), tizón de la gluma (*S. nodorum*) y roña de la espiga (*F. graminearum*) (Villaseñor *et al.*, 2012).

**Náhuatl F2000.** Variedad de trigo harinero, liberada por el INIFAP en 2000. Recomendada para temporal en la región de los Valles Centrales de México. Es moderadamente resistente al acame, sus espigas al madurar son de color amarillo medio. Es de ciclo precoz, 116 días promedio a madurez fisiológica. Es de porte medio con altura de planta de 89 cm. Esta variedad es resistente a moderadamente susceptible a roya amarilla y con resistencia a roya de la hoja, presenta moderada susceptibilidad al tizón foliar (*Cochliobolus sativus*), mancha bronceada (*Pyrenophora tritici-repentis*), mancha foliar (*Septoria tritici*), mancha de la hoja (*Fusarium nivale*), tizón de la gluma (*S. nodorum*) y roña de la espiga (*F. graminearum*) (Villaseñor *et al.*, 2012).

**Rebeca F2000.** Es una nueva variedad de trigo harinero, obtenida a través del Programa Cooperativo de Mejoramiento Genético entre el INIFAP y el CIMMYT. Sus tallos son resistentes al acame, su espigamiento es uniforme y sus espigas maduras son de color amarillo claro, laxas y erectas; su grano es mediano, de color ámbar a rojo claro y de consistencia media a dura. Su porte promedio es de 86 cm, esta variedad mostró inmunidad a roya del tallo (*Puccinia graminis* f. sp. *tritici*) y roya amarilla (*P. striiformis* f. sp. *tritici*), de moderada resistencia a moderada susceptibilidad a roya de la hoja (*P. triticina*) y moderada resistencia a tizón foliar (*Cochliobolus sativus*), mancha bronceada (*Pyrenophora tritici-repentis*), mancha foliar (*Septoria tritici*), tizón de la gluma (*S. nodorum*), mancha de la hoja (*Fusarium nivale*) y roña de la espiga (*F. graminearum*) (Villaseñor *et al.*, 2004; Villaseñor *et al.*, 2012).

**Triunfo F2004.** Variedad de trigo harinero que desarrolló el INIFAP. Es de hábito de primavera; tallos gruesos, fuertes y tolerantes al acame. Las espigas maduras son color amarillo claro, forma fusiforme, laxas, curvadas. Grano mediano, color rojo y textura

semidura. La altura promedio es de 89 cm lo que la clasifica como una variedad de porte intermedio. El ciclo del cultivo es intermedio con 110 días a madurez fisiológica en promedio. Mostró inmunidad a roya de tallo (*Puccinia graminis* Pers. f. sp. *tritici*), moderada resistencia a roya de la hoja (*Puccinia triticina* Erikson) y roya amarilla (*Puccinia striiformis* Westened f. sp. *tritici*) y moderada tolerancia al complejo de enfermedades foliares y de la espiga que inciden en ambientes lluviosos y que son causadas por la mancha foliar (*Septoria tritici* Rob. Ex. Desm.), tizón foliar (*Cochleobolus sativum*), mancha bronceada (*Phyrenophora tritici-repentis*), mancha de la hoja (*Fusarium nivale* Schwabe), tizón de la gluma (*Septoria nodorum* Berk, *Stagonospora nodorum*) y roña de la espiga (*Fusarium graminearum* Schwabe) (Villaseñor *et al.*, 2007; Villaseñor *et al.*, 2012).

**Maya S2007.** Variedad de trigo harinero. Fue obtenida por el INIFAP. Es de hábito de crecimiento de primavera, semi-enana, de 87 cm de altura; ciclo biológico es precoz, con 73 días a floración y 123 días a madurez fisiológica. El tallo es fuerte, hueco, color crema y moderadamente resistente al acame. La espiga es color blanco, piramidal, laxa, con barbas. Las glumas son color blanco. El grano es grande de color rojo, forma ovoide, bordes redondeados y endospermo suave. Posee los genes de resistencia a la roya de la hoja del trigo (*Puccinia triticina* E.) *Lr1* y *Lr10* (Solís *et al.*, 2008).

**Urbina S2007.** Variedad de trigo harinero. Es de hábito de primavera, y fue obtenida en el programa de mejoramiento genético de trigo del INIFAP en el Campo Experimental Bajío (CEBAJ). Es de hábito de crecimiento de primavera, semi-enana, 91 cm de altura; ciclo vegetativo intermedio, con 124 días promedio a madurez fisiológica. El tallo es fuerte, hueco, color crema y moderadamente resistente al acame. La espiga es color blanco,

piramidal, laxa, con barbas. Las glumas son color blanco. De grano blanco, forma ovoide, bordes redondeados y endospermo suave. Posee los genes de resistencia a roya de la hoja del trigo (*Puccinia triticina* E.) *Lr1* y *Lr23* (Solís *et al.*, 2008a).

**Nana F2007.** Esta variedad fue desarrollada por el INIFAP. Es de hábito de crecimiento de primavera, con porte semi-erecto al amacollamiento y con tallos tolerantes al acame, con una altura promedio de 84 cm. Se clasifica como de ciclo precoz de 85 días hasta 134 días a madurez en los ambientes de sequía a lluviosos. Se clasificó como moderadamente resistente a roya de la hoja (*Puccinia triticina*) y roya amarilla (*P. striiformis* f. sp. *tritici*). Esta variedad se clasifica como genotipo de grano rojo, mediano y semi-duro (Villaseñor *et al.*, 2014a; Villaseñor *et al.*, 2012).

**Altiplano F2007.** La variedad Altiplano F2007 fue generada por el programa de Mejoramiento Genético de Trigo de Temporal del INIFAP con sede en el Campo Experimental Valle de México. Porte semi-erecto al amacollamiento y posee tallos tolerantes al acame. A inicios del espigamiento tiene una frecuencia alta de plantas con hoja bandera recurvada. En madurez sus espigas son de color claro, piramidales, laxas y de posición ligeramente curvada. El porte de la planta es intermedio y de ciclo de cultivo intermedio a tardío. Es resistente a moderadamente resistente a roya de la hoja y roya amarilla, y tolerante al complejo de enfermedades foliares (Villaseñor *et al.*, 2014; Villaseñor *et al.*, 2012).

**Don Carlos “S”.** Variedad experimental en proceso de evaluación y validación para su próxima liberación. Ha sido seleccionada para condiciones de temporal. Presenta

resistencia a enfermedades comunes de los Valles Altos. Tiene buen potencial de rendimiento y calidad industrial.

La siembra de las 14 variedades 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 diseño experimental fue de bloques completos al azar, con dos repeticiones. Cada unidad experimental consistió de cuatro surcos de 3 metros de longitud y 30 cm de ancho. La densidad de siembra fue de 120 kg ha<sup>-1</sup>. La siembra fue en condiciones de secano o temporal, la cual se realizó una vez establecido éste en cada una de las localidades. El manejo agronómico fue de acuerdo con el paquete tecnológico recomendado por el NIFAP 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: la primera aplicación fue en la etapa de floración y la segunda 15 días después (Con) estas mismas variedades se manejaron simultáneamente sin tratamiento de fungicida (Sin).

La cosecha se realizó una vez que la semilla alcanzó la madurez fisiológica la cual ocurrió en el mes de octubre de 2012. La trilla de cada unidad experimental se realizó en el mes de noviembre del mismo año cuando la semilla se encontraba al 20 % de humedad y las condiciones de humedad en el suelo permitieron la entrada de la trilladora. La limpieza de la semilla se logró mediante frotamiento y el uso posterior de una sopladora para eliminar impurezas. La muestra de envío se obtuvo de la mezcla de las dos repeticiones por tratamiento. Se tomaron 200 g por unidad experimental. Posteriormente se utilizó un

homogeneizador tipo “Boerner” para mezclar las semillas en el laboratorio y obtener la muestra de trabajo, la cual consistió de 100 g por tratamiento.

En este experimento se realizaron dos tipos de análisis para evaluar la calidad de la semilla: física y fisiológica.

### **3.1 Evaluación de la calidad física**

#### **3.1.1 Variables evaluadas**

**Peso Volumétrico (PV).** Se determinó a través de un recipiente, el cual se llenó con la semilla hasta que se derramó y se rasó en zigzag con una regla, eliminando el excedente. Se pesó el recipiente en una balanza electrónica y se tomó la lectura, el resultado se expresó en  $\text{kg hL}^{-1}$ .

**Peso de mil semillas (PMS).** Se contaron y tomaron al azar ocho repeticiones de 100 semillas de cada unidad experimental, las cuales se pesaron en una báscula electrónica. Con los pesos de cada una de los tratamientos, se calculó la varianza, desviación estándar y el coeficiente de variación (ISTA, 2005). Cuando el coeficiente de variación obtenido fue menor a 4 % entonces se consideró que los datos eran correctos (ISTA, 2005). El PMS se obtuvo multiplicando la media aritmética de las ocho repeticiones por 10 de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{PMS } \bar{(g)} = X \times 10$$

## 3.2 Análisis de la calidad fisiológica de las semillas

### 3.2.1 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. En las pruebas de germinación se utilizó 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 sanitas húmedas, se enrollaron en forma de “taco”. Los rollos se colocaron en forma vertical en una bolsa de plástico y en seguida fueron llevadas a un cuarto de germinación, donde la temperatura fue de 20°C. Ocho días después de iniciada la prueba se evaluó el porcentaje de germinación. Se utilizó un diseño completamente al azar, con un arreglo factorial resultado de la combinación de once ambientes de producción, catorce variedades de trigo y dos tratamientos con fungicida, con cuatro repeticiones por tratamiento, dando un total de 1,232 unidades experimentales.

#### 3.2.1.1 Variables evaluadas

**Porcentaje de Germinación (PG).** Se calculó con base en las plántulas que tenían raíz, coleótilo y hojas bien desarrolladas, sanas y sin malformaciones. Se realizó un solo conteo a los 8 días después de establecida la prueba. El resultado se obtuvo mediante la siguiente ecuación:

$$PG = \frac{\text{Número de plántulas normales}}{25} \times 100$$

**Porcentaje de plántulas anormales (PPAN).** Son las plántulas que presentaron malformaciones en raíz, coleóptilo y en hojas que les impidió un desarrollo normal (ISTA, 2005). La determinación se realizó mediante la fórmula siguiente:

$$\text{PPAN} = \frac{\text{Número de plántulas anormales}}{25} \times 100$$

**Porcentaje de semillas no germinadas (PSNG).** Se contaron las semillas que no presentaron estructuras esenciales y se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{PSNG} = \frac{\text{Número de semillas no germinadas}}{25} \times 100$$

### **3.2.2 Evaluación de la calidad fisiológica en invernadero**

Se utilizaron 100 semillas por tratamiento para formar cuatro repeticiones de 25 semillas 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, las semillas fueron sembradas a 2 cm de profundidad, 3 cm entre plantas y a una distancia de 3.75 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. El experimento se estableció a partir del 13 de julio de 2013, en el invernadero 4, del Área de Mejoramiento y

Control de la Calidad Genética del Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad-Producción de Semillas.

### 3.2.2.1 Variables evaluadas

**Velocidad de Emergencia (VE).** Se realizaron conteos diarios a partir del día 5 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 (Copeland y McDonald, 2001):

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

En dónde:

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).** Las plántulas con germinación normal fueron aquellas que tuvieron raíz, coleóptilo y hojas bien desarrolladas, sanas y sin malformaciones. Se realizó un solo conteo a los 12 días establecida la prueba. Esta variable se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\text{PGI} = \frac{\text{Número de plántulas normales}}{25} \times 100$$

**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. La determinación se realizó mediante la fórmula siguiente:

$$\text{PPAI} = \frac{\text{Número de plántulas anormales}}{25} \times 100$$

**Porcentaje de semillas no germinadas (PSNGI).** Se contaron las semillas que no presentaron estructuras esenciales y se obtuvo de la siguiente manera:

$$\text{PSNG} = \frac{\text{Número de semillas no germinadas}}{25} \times 100$$

**Vigor de plántula:** De cada una de las unidades experimentales en forma visual se clasificaron las plántulas normales en cinco categorías para definir una escala de vigor. La propuesta que se definió para esta variable se muestra en el Cuadro 1.

**Cuadro 1. Escala para clasificación de plántulas normales en ensayo de trigo.**

<b>Escala</b>	<b>Descripción</b>
1	Muy vigorosa
2	Vigorosa
3	Intermedia
4	Poco vigorosa
5	Muy Poco vigorosa

**Longitud de plántula (LP).** Del total de las plántulas normales, se tomaron 10 al azar de cada repetición, se midió la longitud de la parte aérea de cada una desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la hoja más larga; el resultado se expresó en centímetros.

**Peso seco de plántula (PSP).** De cada unidad experimental se extrajeron todas las plántulas normales, se lavaron para eliminar los residuos de arena de la raíz y 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 estufa a 70 °C, durante 72 horas (ISTA, 2005); transcurrido ese tiempo se pesaron las muestras en una báscula electrónica y se registró el peso seco en miligramos por plántula.

La evaluación de estas dos últimas variables se realizó a los 16 días de establecida la prueba.

### **3.3 Análisis estadístico**

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

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis físico de la semilla

#### 4.1.1 Peso Volumétrico

El análisis de varianza para evaluar la calidad física de la semilla de trigo (Cuadro 2), mostró diferencias altamente significativas en peso volumétrico y peso de mil semillas 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) y variedad por tratamiento con fungicida (VAR\*FUNG); asimismo para la interacción localidad por variedad por tratamiento con fungicida (LOC\*VAR\*FUNG). El coeficiente de variación fue bajo (< 5 %), por lo que los datos son confiables. La aplicación de fungicida influye en la calidad de la semilla que repercute en mayor peso volumétrico.

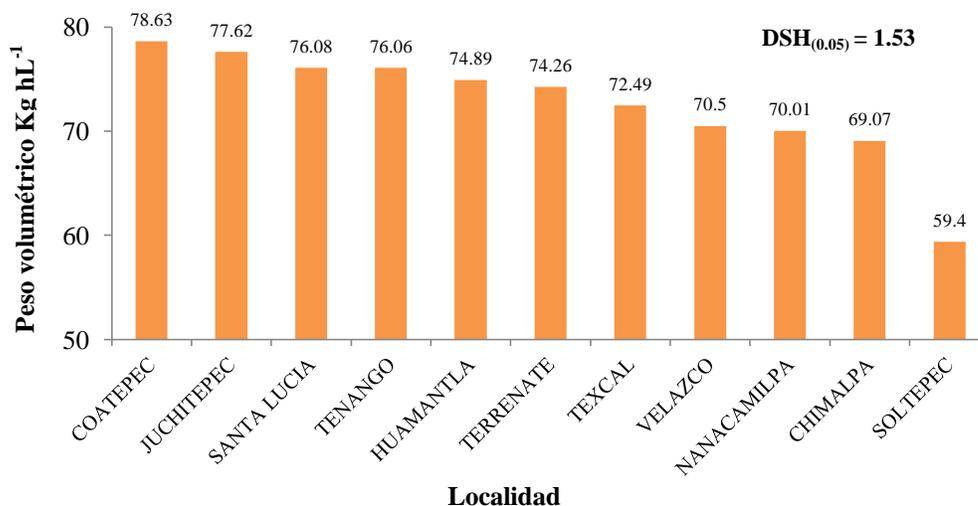
**Cuadro 2. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de calidad física evaluadas en laboratorio.**

FV	Variable respuesta	
	PVOL (kg hL <sup>-1</sup> )	PMS (g)
LOC	3452.44**	7714.99**
VAR	265.13**	2901.34**
FUNG	1620.20**	7607.81**
LOC*VAR	56.32**	105.26**
LOC*FUNG	230.00**	379.28**
VAR*FUNG	39.56**	144.35**
LOC*VAR*FUNG	29.69**	28.22**
<b>CV (%)</b>	<b>4.95</b>	<b>4.32</b>

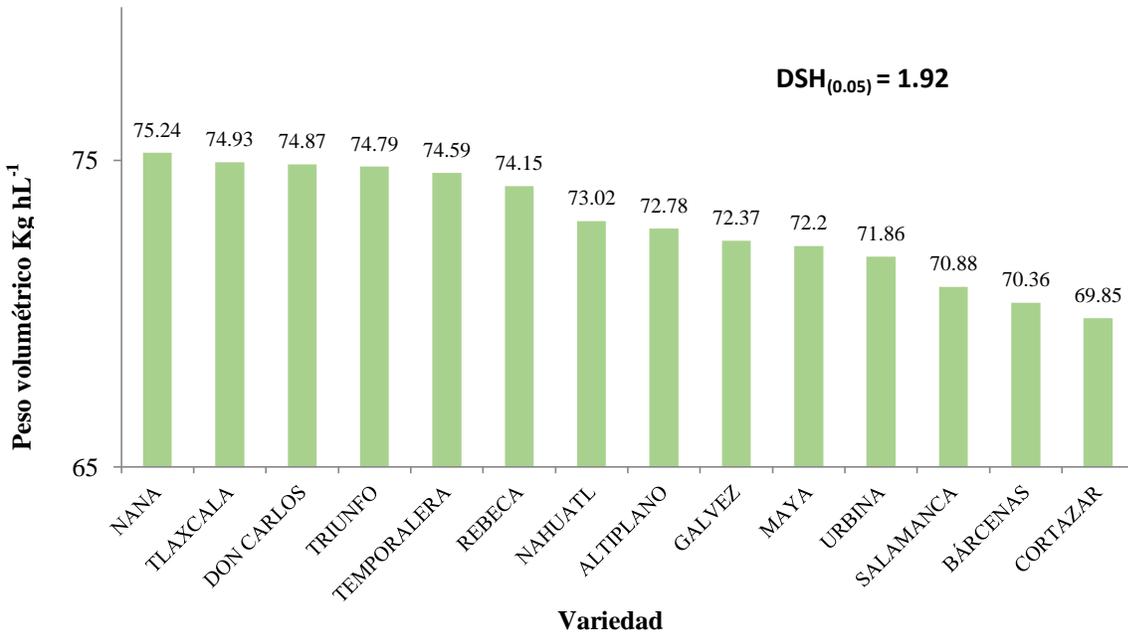
\*= significancia al 0.05 de probabilidad, \*\*= significancia al 0.01 de probabilidad, ns= no significativo;

FV= Fuente de variación, PVOL=peso volumétrico, PMS=peso de mil semillas, 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.

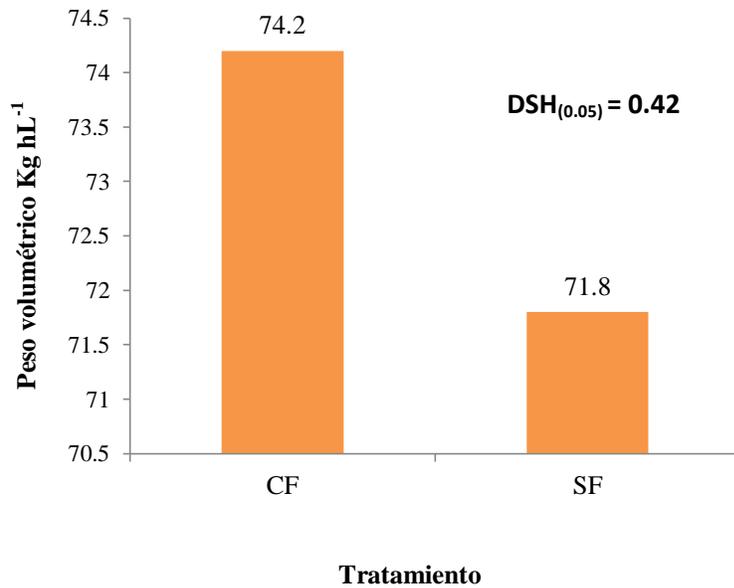
Las localidades que presentaron el mayor peso volumétrico fueron Coatepec y Juchitepec, ambas del Estado de México, con un promedio de 78.63 y 77.62 kg hL<sup>-1</sup> respectivamente. Santa Lucía, Tenango del Aire, Huamantla y Terrenate superaron los 74.0 kg hL<sup>-1</sup>, que es un indicador del mínimo mencionado en la Norma Oficial NMX-FF-036-1996 (Figura 1). Las localidades en las que se obtuvo el menor peso volumétrico fueron Texcal, Velazco, Nanacamilpa, Chimalpa y Soltepec con 72.49, 70.50, 70.01, 69.07 y 59.40 kg hL<sup>-1</sup> respectivamente; en esta última localidad hubo afectación de la semilla por una helada al final del ciclo del cultivo. Las variedades que tuvieron el mayor peso volumétrico fueron: Nana F2007, Tlaxcala F2000, Don Carlos “S”, Triunfo F2004, Temporalera M87 y Rebeca F2000, superando los 4.0 kg hL<sup>-1</sup>, mientras que la variedad Cortázar S94 presentó la menor densidad de semilla (Figura 2). El tratamiento con fungicida, con un peso volumétrico de 74.2 kg hL<sup>-1</sup>, superó por 3.2 % al tratamiento sin control, por lo que se infiere que la aplicación de fungicida en la etapa de floración influye favorablemente en la calidad física de la semilla de trigo (Figura 3).



**Figura 1. Comparación de medias (Tukey, 0.05) por localidad para la variable peso volumétrico evaluada en 14 variedades de trigo.**



**Figura 2. Comparación de medias (Tukey, 0.05) por variedad para la variable peso volumétrico evaluada en 11 localidades.**



**Figura 3. Comparación de medias (Tukey, 0.05) para la variable peso volumétrico con y sin aplicación de fungicida en la etapa de floración.**

En la interacción VAR\*FUNG (Cuadro 3) todas las variedades presentaron mayor peso volumétrico cuando se les aplicó fungicida; así la variedad Tlaxcala F2000 tuvo el mayor PVOL con 77.4 kg hL<sup>-1</sup>, mientras que sin aplicación el peso fue de 72.5 kg hL<sup>-1</sup>, 6.3 % menor. Por otra parte, las variedades Nana F2007, Don Carlos “S” y Temporalera M87 no presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con fungicida; mientras que Cortázar S94 sin fungicida presentó el menor peso volumétrico con 67.9 kg hL<sup>-1</sup>.

**Cuadro 3. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR\* FUNG para la variable peso volumétrico de 14 variedades de trigo tratadas con y sin fungicida.**

Variedad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
SALAMANCA S75	72.6	69.2
TEMPORALERA M87	74.7	74.5
GALVEZ M87	73.9	70.9
CORTÁZAR S94	71.9	67.9
BÁRCENAS S2000	71.4	69.3
TLAXCALA F2000	77.4	72.5
NÁHUALT F2000	74.3	71.7
REBECA F2000	74.9	73.5
TRIUNFO F2004	75.7	73.8
MAYA S2007	73.5	70.9
URBINA S2007	72.8	70.9
NANA F2007	75.2	75.3
ALTIPLANO F2007	74.8	70.8
DON CARLOS “S”	75.7	74.1
<b>DSH<sub>(0.05)</sub> = 0.91</b>		

En la interacción LOC\*VAR con diferencias altamente significativas, el mayor peso volumétrico se obtuvo en la localidad de Coatepec con la variedad Triunfo F2004, mientras que en Juchitepec se tuvo con Rebeca F2000; ambas con 81.9 kg hL<sup>-1</sup>. Los pesos volumétricos más altos se tuvieron en semillas obtenidas en Coatepec, Tenango y

Juchitepec, con las variedades Tlaxcala F2000, Rebeca F2000, Triunfo F2004, Nana F2007, Altiplano F2007 y Don Carlos “S”. En Soltepec se obtuvo el menor peso volumétrico en todas las variedades estudiadas debido a la presencia de heladas cuando el cultivo se encontraba en la etapa de madurez fisiológica (Cuadro 4), lo que afectó la calidad de la semilla en términos de tamaño y peso, tal como lo mencionan Valenzuela y Martínez (1995).

Por lo anterior, cabe señalar que el ambiente de producción tiene un fuerte impacto, no sólo en el rendimiento sino también en la proteína, con considerables efectos en la calidad panadera de los trigos (Borghi *et al.*, 1995; Stone y Savin, 1999) y en consecuencia también en la calidad física y fisiológica de la semilla.

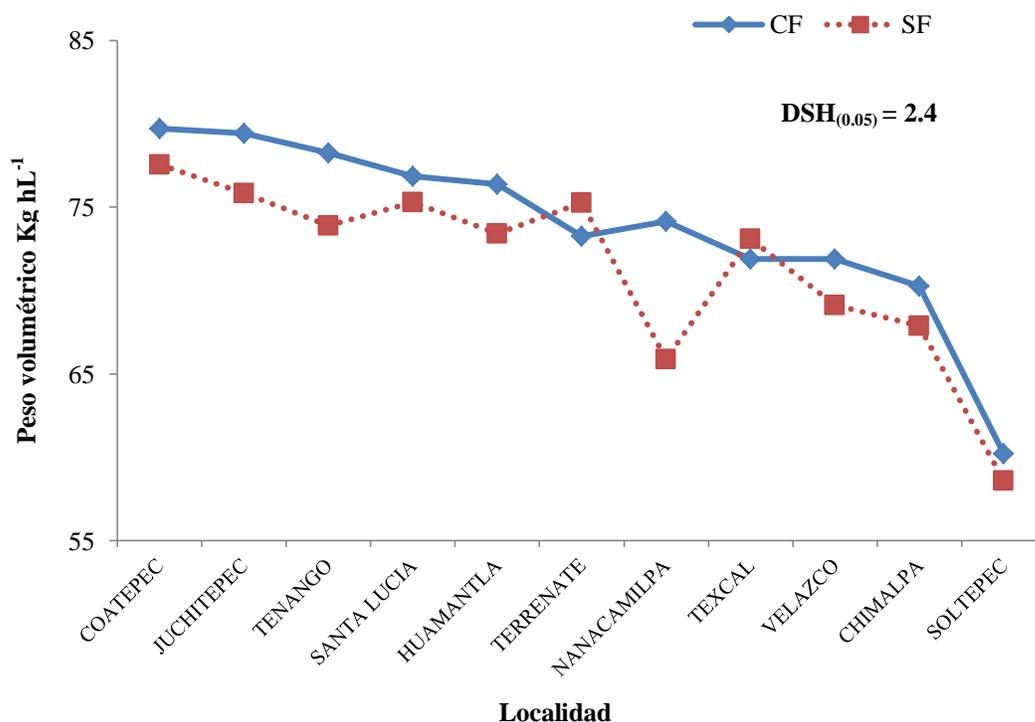
**Cuadro 4. Comparación de medias de la interacción LOC\*VAR (Tukey, 0.05) para la variable peso volumétrico de 14 variedades de trigo.**

Variedad	Localidad									
	VEL	NANA	SL	HUAM	JUCH	SOL	TERR	TEX	TEN	COA
SALAMANCA S75	69.0	63.7	75.7	71.2	73.6	59.3	71.8	73.2	74.9	76.6
TEMPORALERA M87	71.6	77.7	76	76.5	79.6	58.2	73.0	73.2	80.0	80.1
GALVEZ M87	70.2	68.7	75.6	73.1	76.6	59.5	70.7	72.8	77.7	78.9
CORTÁZAR S94	66.8	64.9	72.6	73.9	74.2	58.0	73.7	74.1	65.6	74.8
BÁRCENAS S2000	66.3	65.3	73.5	70.6	71.9	61.5	72.7	73.1	71.7	77.1
TLAXCALA F2000	74.5	63.6	77.3	78.7	81.3	62.0	76.6	73.6	81.1	80.7
NÁHUALT F2000	72.3	68.1	77.3	75.7	76.9	61.9	75.7	71.4	77.0	73.9
REBECA F2000	71.0	74.2	79.0	76.9	81.9	50.8	73.8	72.5	80.3	81.0
TRIUNFO F2004	73.9	67.2	79.2	77.3	81.3	59.5	76.3	70.4	81.0	81.9
MAYA S2007	69.7	70.7	75.9	73.0	75.6	62.0	72.2	73.7	72.9	76.4
URBINA S2007	67.1	70.7	72.8	72.2	74.2	61.8	74.1	73.6	73.4	78.6
NANA F2007	72.3	77.8	78.5	75.7	80.1	61.7	75.7	70.2	80.0	80.4
ALTIPLANO F2007	71.4	71.8	74.7	76.3	80.8	55.4	75.0	70.5	71.0	79.9
DON CARLOS “S”	70.9	75.9	77.1	77.4	78.6	60.1	77.6	72.5	78.2	80.5

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 7.8**

VEL= Velazco, NAN= Nanacamilpa, SL= Santa Lucía, Huam= Huamantla, JUCH= Juchitepec, SOL= Soltepec, TERR= Terrenate, TEX= Texcal, TEN= Tenango del Aire, COA= Coatepec.

La aplicación del fungicida permitió superar en nueve localidades al tratamiento sin protección al cultivo, lo cual se reflejó en el mayor peso volumétrico; únicamente en las localidades de Terrenate y el Texcal el efecto fue inverso (Figura 4). El mayor peso volumétrico con aplicación de fungicida se obtuvo en: Coatepec, Juchitepec, Tenango, Santa Lucía y Huamantla, mientras que Texcal, Velazco, Chimalpa y Soltepec presentaron el menor peso volumétrico. Sin aplicación de fungicida, las localidades en las que se obtuvo mayor peso volumétrico fueron: Coatepec, Juchitepec, Santa Lucía y Terrenate, mientras que Soltepec y Nanacamilpa presentaron los valores más bajos; por efecto de heladas al final del ciclo del cultivo.



**Figura 4. Comparación de medias de la interacción LOC\*FUNG (Tukey, 0.05) para la variable peso volumétrico evaluada en 14 variedades de trigo.**

El peso volumétrico como 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 expresadas en la semilla; se reflejó en la interacción LOC\*VAR\*FUNG (Cuadro 5), donde se encontraron diferencias altamente significativas, obteniéndose el mayor peso 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 los que se establecen en la Norma Oficial Mexicana NMX-FF-036-1996 de 76.3 y 74.0 kg hL<sup>-1</sup> respectivamente.

En las localidades de Coatepec y Tenango en el Estado de México la variedad Nana F2007, que presenta resistencia a las enfermedades foliares, superó en 7.6 % el peso volumétrico de las variedades susceptibles Salamanca S75 y Cortázar S94 cuando no se realizó el control de enfermedades en la etapa de floración.

Finalmente cabe señalar que el peso volumétrico de la semilla es afectado por el ambiente de producción, la variedad y por el control de enfermedades foliares; 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 con aplicación de fungicida en la etapa de floración.

**Cuadro 5. Comparación de medias de la interacción LOC\*VAR\*FUNG (Tukey, 0.05) para la variable peso volumétrico de 14 variedades de trigo con y sin tratamiento de fungicida.**

Localidad	Variedad																												
	TEMP		GAL		SAL		CORT		BÁR		TLAX		NÁH		REB		TRIU		MAY		URB		NANA		ALT		D CA		
	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
VELAZCO	73.4	69.8	72.0	68.4	70.7	67.3	69.0	64.6	67.9	64.8	75.3	73.7	73.4	71.2	72.2	69.8	76.1	71.7	70.6	68.8	68.2	65.9	72.6	72.1	72.6	70.3	72.3	69.4	
TEXCAL	71.9	74.6	74.0	71.6	74.7	71.7	72.5	75.6	73.8	72.4	73.7	73.6	68.2	74.7	70.8	74.3	68.0	72.8	73.6	73.8	71.6	75.7	69.5	70.9	70.0	71.0	74.3	70.8	
TERRENATE	67.4	78.6	65.1	76.3	69.7	73.9	73.6	73.8	70.3	75.0	79.5	73.6	74.9	76.5	70.9	76.8	75.7	76.9	71.1	73.3	76.4	71.8	75.3	76.1	76.6	75.2	79.2	75.9	
TENANGO	81.4	78.6	79.2	76.2	76.6	73.1	75.0	56.2	72.0	71.5	81.5	80.6	77.9	76.0	82.0	78.6	81.7	80.3	73.9	72.0	74.1	72.8	79.9	80.1	80.3	61.8	79.8	76.7	
SOLTEPEC	59.3	57.2	61.2	57.7	61.9	56.6	59.2	56.9	62.6	60.4	64.1	59.8	61.4	62.4	52.8	48.9	59.6	59.4	64.1	59.9	61.3	62.4	60.2	63.2	57.6	53.2	57.9	62.3	
SANTA LUCIA	77.8	74.1	77.6	73.5	78.1	73.3	73.5	71.6	74.6	72.4	79.2	75.4	78.5	76.1	79.1	78.9	78.9	79.5	76.0	75.8	72.1	73.6	78.4	78.6	75.0	74.5	77.3	76.8	
NANACAMILPA	79.1	76.2	74.1	63.4	64.6	62.8	68.4	61.5	68.1	62.4	77.8	49.3	72.4	63.7	79.0	69.3	60.6	73.6	74.4	67.1	74.3	67.1	77.9	77.6	77.0	66.6	77.0	74.7	
JUCHITEPEC	80.6	78.6	79.0	74.3	76.9	70.4	76.7	71.6	74.8	68.9	82.5	80.1	79.4	74.5	83.1	80.6	83.1	79.4	77.2	74.0	76.2	72.2	81.1	79.2	81.3	80.4	80.3	77.2	
HUAMANTLA	76.9	76.2	76.2	70.1	73.8	68.3	75.0	72.8	72.1	69.0	79.4	78.1	77.8	73.6	77.7	76.1	79.3	75.4	75.0	71.0	74.5	69.8	76.9	74.6	77.4	75.3	77.4	77.3	
COATEPEC	79.5	80.7	80.3	77.5	79.1	74.0	75.7	74.0	77.7	76.5	81.3	80.2	79.5	68.3	81.0	81.1	81.5	82.4	79.2	73.5	79.3	77.8	80.7	80.1	79.9	79.8	81.4	79.6	

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 3.5**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

#### 4.1.2 Peso de mil semillas

Para peso de mil semillas (PMS), los factores localidad, variedad y tratamiento con fungicida mostraron efecto significativo. Las localidades con el mayor peso de mil semillas fueron Huamantla, Juchitepec, Texcal, Tenango y Coatepec superando en promedio los 40 g, mientras que en Santa Lucía y Soltepec se registró el menor peso (Figura 5). Las variedades con mayor peso fueron Maya S2007, Nana F2007 y Urbina S2007 superando los 41 g; mientras que Náhuatl F2000 y Triunfo F2004 fueron las que tuvieron los valores más bajos con 28.6 y 33.4 g respectivamente (Figura 6). Con respecto a los tratamientos de fungicida la aplicación influyó de manera positiva en el peso del grano ya que se tiene un incremento del 10 % aproximadamente en comparación con los tratamientos sin fungicida (Figura 7).

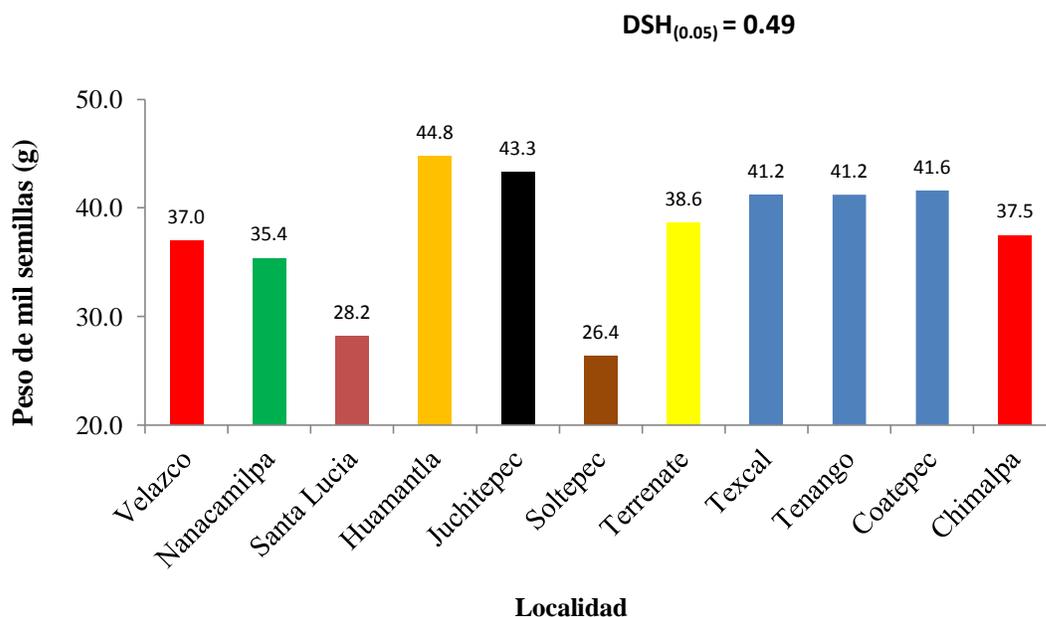
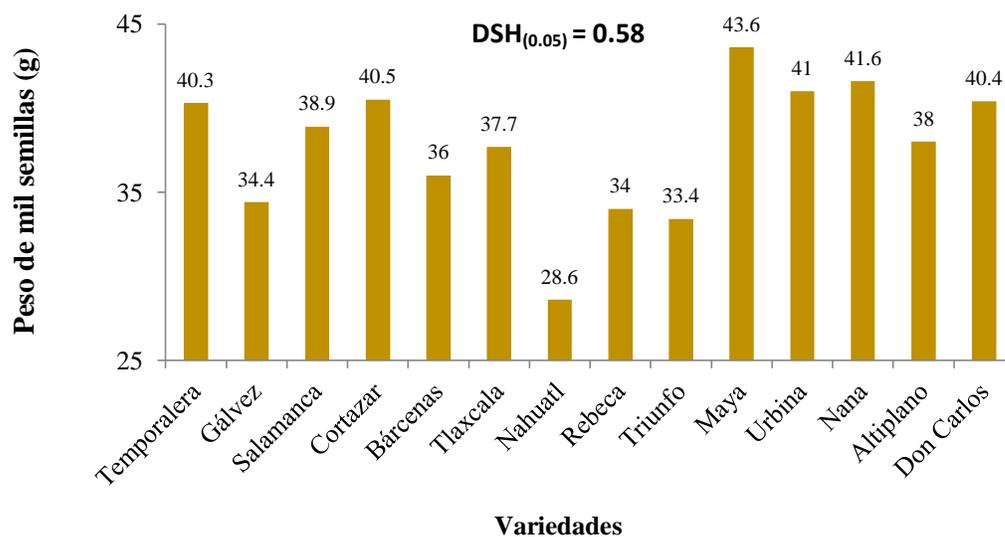
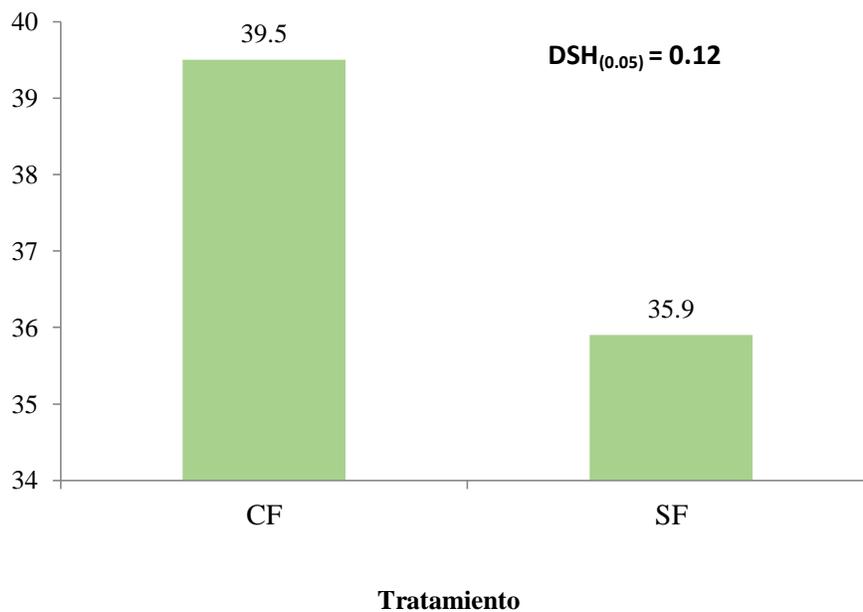


Figura 5. Comparación de medias (Tukey, 0.05) por localidad para la variable peso de mil semillas.



**Figura 6. Comparación de medias (Tukey, 0.05) por variedad para la variable peso de mil semillas.**



**Figura 7. Comparación de medias (Tukey, 0.05) para la variable peso de mil semillas con y sin aplicación de fungicida en la etapa de floración.**

En la interacción LOC\*VAR se registró significancia estadística, ya que variedades como Temporalera M87 no modificaron su peso de grano en las localidades de Velazco, Nanacamilpa Coatepec y Terrenate, mientras que en Huamantla, Tenango y Texcal se incrementó el peso en un 10 % aproximadamente. Asimismo, en Nana F2007 el peso de mil semillas fue semejante, con un rango de 47 a 48.4 g en Tenango del Aire, Juchitepec y Coatepec. Altiplano F2007 y Maya S2007 tuvieron peso similar en Huamantla y Juchitepec. Las variedades Cortázar S94 y Maya S2007 fueron las de mayor peso con 50.1 y 49.7 g, respectivamente, en la localidad de Huamantla; mientras que en Soltepec y Santa Lucía tuvieron el menor valor. En Huamantla se tuvo en promedio el mayor peso de la semilla superando en 41 y 37 % a las localidades de Soltepec y Santa Lucía respectivamente, mientras que en Juchitepec, Texcal, Tenango y Coatepec el peso fue similar. La variedad Maya S007 tuvo el mayor peso en promedio de las 11 localidades superando a Náhuatl F2000 en 34.4 %; esto debido a su mayor tamaño de semilla (Cuadro 6).

En las localidades de Soltepec, Santa Lucía y Chimalpa se tuvo el menor peso de mil semillas debido a la presencia de heladas al final del ciclo del cultivo, lo que afectó el peso de la semilla, ya que se reduce la tasa y duración del periodo de llenado de grano, inhibiendo la acumulación de proteínas, minerales y aminoácidos en el grano (Thakur *et al.*, 2010).

**Cuadro 6. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR para la variable peso de mil semillas evaluada en 14 variedades de trigo.**

Localidad	Variedad													
	TEMP	GAL	SAL	CORT	BÁR	TLAX	NÁH	REB	TRIU	MAY	URB	NANA	ALT	D CA
VELAZCO	42.18	33.08	40.25	37.89	35.25	40.09	28.14	34.78	33.41	41.63	35.45	39.93	37.47	38.43
NANACAMILPA	42.21	29.01	29.76	37.69	32.31	33.08	25.14	32.94	28.51	43.14	40.02	43.44	36.46	42.11
SANTA LUCIA	26.89	27.53	30.90	29.72	25.71	25.52	23.91	27.24	25.46	32.78	29.49	32.11	26.26	31.18
HUAMANTLA	47.95	38.64	43.94	50.10	43.06	45.67	33.86	42.51	39.71	49.70	47.39	46.90	48.10	49.00
JUCHITEPEC	48.03	40.22	42.05	47.44	38.01	42.53	32.63	41.51	38.20	48.70	45.89	47.53	47.08	46.71
SOLTEPEC	24.76	24.47	30.55	29.18	30.01	26.13	20.59	17.19	22.49	36.68	32.58	27.34	21.91	26.11
TERRENATE	41.46	35.37	40.53	41.11	33.10	43.19	29.07	34.44	34.38	44.47	42.49	40.49	40.77	39.01
TEXCAL	44.39	38.26	41.83	42.61	40.94	42.82	32.32	35.94	37.58	46.73	46.26	45.38	40.00	41.43
TENANGO	45.66	36.99	43.19	44.90	36.24	41.28	29.64	40.51	37.45	42.98	40.85	48.40	44.11	44.94
COATEPEC	42.54	38.30	43.90	41.04	41.64	37.86	30.47	39.49	37.88	45.86	47.12	47.46	42.32	46.61
CHIMALPA	37.59	36.34	40.79	43.74	40.19	36.50	28.34	27.79	31.78	46.84	43.58	38.83	33.55	38.87

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 2.49**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

En la interacción LOC\*FUNG se registró significancia estadística altamente significativa, ya que en algunas localidades no se modificó el peso de la semilla, como en Huamantla y Juchitepec; mientras que en Soltepec y Santa Lucia éste disminuyó con la aplicación de fungicida. En Huamantla se tuvo un incremento de 8 % en el peso de la semilla con el tratamiento de fungicida en comparación al tratamiento sin aplicación mientras que en Nanacamilpa el incremento fue de 25 %, lo que indica que en esta localidad fue más eficiente el control de las enfermedades en el cultivo. El mayor peso de la semilla se registró en las localidades de Huamantla y Juchitepec cuando se aplicó fungicida; sin embargo, en Chimalpa el peso fue similar con y sin aplicación de fungicida (Cuadro 7).

**Cuadro 7. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*FUNG para la variable peso de mil semillas con y sin aplicación de fungicida en 11 localidades.**

Localidad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
VELAZCO	38.93	35.07
NANACAMILPA	40.20	30.63
SANTA LUCIA	29.35	27.03
HUAMANTLA	46.69	42.81
JUCHICHITEPEC	46.38	40.27
SOLTEPEC	27.03	25.83
TERRENATE	40.98	36.14
TEXCAL	42.55	39.81
TENANGO	42.00	40.44
COATEPEC	42.64	40.57
CHIMALPA	37.74	37.23
<b>DSH<sub>(0.05)</sub> = 0.78</b>		

En la interacción VAR\*FUNG hubo diferencias significativas para la variable PMS. En promedio la variedad Maya S2007 superó en peso de semilla a todas las variedades mientras que Urbina S2007, Nana F2007, Cortázar S94, Don Carlos “S” y Temporalera M87 tuvieron un peso semejante. La aplicación de fungicida superó en 9 % al tratamiento sin aplicación. La variedad Maya S2007 con aplicación de fungicida tuvo el mayor peso superando en 11.1 % al tratamiento sin aplicación; mientras que en Don Carlos “S” se tuvo un peso semejante con ambos tratamientos, lo que indica resistencia de la variedad a enfermedades foliares en campo, atributo que repercute en la calidad de la semilla; en el caso de variedades susceptibles como Gálvez M87 y Salamanca S75 la aplicación de fungicida incrementó el peso de la semilla en 19.3% y 13.3 % respectivamente. La variedad Náhuatl fue la de menor peso de semilla debido al tamaño de esta (Cuadro 8).

**Cuadro 8. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR\*FUNG para la variable peso de mil semillas con y sin aplicación de fungicida en 14 variedades de trigo.**

Variedad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
SALAMANCA S75	41.66	36.10
TEMPORALERA M87	41.96	38.70
GALVEZ M87	38.07	30.70
CORTÁZAR S94	42.68	38.31
BÁRCENAS S2000	37.94	34.14
TLAXCALA F2000	39.57	35.82
NÁHUALT F2000	30.09	27.02
REBECA F2000	35.75	32.31
TRIUNFO F2004	34.44	32.26
MAYA S2007	46.16	41.03
URBINA S2007	42.87	39.15
NANA F2007	42.06	41.17
ALTIPLANO F2007	39.13	36.87
DON CARLOS “S”	40.61	40.19
<b>DSH<sub>(0.05)</sub> = 0.91</b>		

La interacción LOC\*VAR\*FUNG presentó diferencias altamente significativas, 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 Nanacamilpa la variedad Gálvez M87 con aplicación de fungicida incrementó con 37.7% en peso al tratamiento sin aplicación, mientras que en la variedad Salamanca S75 fue mayor en 30.4 %; sin embargo, las variedades Nana F2007 y Don Carlos “S” con aplicación de fungicida sólo superaron en 5 % y 6 % al tratamiento sin aplicación de fungicida.

Por otra parte, en Chimalpa el tratamiento con fungicida en las variedades Náhuatl F2000, Rebeca F2000, Triunfo F2004, Maya S2007, Urbina S2007, Nana F2007, Altiplano F2007 y Don Carlos “S” no superó en peso de mil semillas al tratamiento sin aplicación; sin embargo, en variedades susceptibles como Temporalera M87, Gálvez M87, Salamanca S75, Cortázar S94, Bárcenas S2000 y Tlaxcala F2000 el peso de mil semillas fue mayor en el tratamiento con fungicida (Cuadro 9).

**Cuadro 9. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR\*FUNG para la variable peso de mil semillas en 14 variedades de trigo con y sin aplicación de fungicida.**

Localidad	Variedad																											
	TEMP		GAL		SAL		CORT		BÁR		TLAX		NÁH		REB		TRIU		MAY		URB		NANA		ALT		D CA	
	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin
VELAZCO	43.2	41.1	36.2	30.0	42.2	38.3	42.0	33.8	37.9	32.6	41.1	39.1	30.0	26.3	36.4	33.2	36.0	30.8	45.2	38.1	37.6	33.3	39.9	40.0	38.1	36.8	39.2	37.6
NANACAMILPA	45.9	38.5	35.8	22.3	35.1	24.4	41.5	33.8	37.0	27.6	41.1	25.1	28.8	21.5	39.2	26.7	34.3	22.7	49.3	37.0	43.3	36.7	44.6	42.3	43.4	29.5	43.5	40.7
SANTA LUCIA	30.6	23.2	30.9	24.2	35.2	26.6	31.6	27.9	25.4	26.1	27.4	23.6	25.5	22.4	29.1	25.3	24.9	26.1	32.1	33.5	29.5	29.5	31.7	32.6	26.0	26.5	31.3	31.1
HUAMANTLA	47.5	48.4	46.4	30.9	45.8	42.1	52.4	47.8	46.2	39.9	46.3	45.0	36.7	31.7	44.1	40.9	40.4	38.9	54.0	45.4	50.0	44.7	47.8	45.9	47.8	48.3	48.7	49.3
JUCHITEPEC	51.2	44.9	45.1	35.4	46.0	38.1	51.2	43.7	42.3	33.7	44.9	40.1	36.2	29.1	43.3	39.7	40.4	36.0	51.5	46.0	50.3	41.5	48.6	46.5	50.2	43.9	48.4	45.1
SOLTEPEC	25.8	23.7	26.0	23.0	32.3	28.8	29.7	28.7	30.3	29.8	29.0	23.3	19.8	21.4	18.2	16.2	21.5	23.5	39.8	33.5	31.8	33.4	25.9	28.8	23.1	20.5	25.1	27.1
TERRENATE	42.6	40.3	40.2	30.6	44.5	36.6	44.8	37.4	37.8	28.4	44.3	42.1	31.8	26.4	35.0	33.9	35.3	33.4	48.7	40.2	46.1	38.8	41.7	39.3	42.0	39.5	38.9	39.1
TEXCAL	45.6	43.2	41.1	35.4	44.8	38.8	44.2	41.1	42.7	39.2	43.8	41.9	32.7	31.9	38.4	33.5	38.2	36.9	48.7	44.7	48.7	43.8	46.4	44.4	41.6	38.4	38.8	44.0
TENANGO	48.3	43.1	37.4	36.6	43.5	42.9	44.8	45.0	35.4	37.1	40.8	41.8	30.3	29.0	41.8	39.2	39.3	35.6	42.4	43.6	42.6	39.2	49.3	47.4	45.6	42.7	46.5	43.4
COATEPEC	42.2	42.9	41.4	35.2	45.2	42.6	42.3	39.8	41.4	42.3	38.6	37.2	31.6	29.4	40.1	38.9	36.9	38.8	49.3	42.4	49.4	44.8	49.2	45.7	41.8	42.9	47.7	45.5
CHIMALPA	38.7	36.4	38.5	34.2	43.7	37.9	45.0	42.5	41.0	39.4	38.0	35.0	28.5	28.2	27.8	27.8	31.5	32.0	46.7	46.9	42.3	44.9	37.7	40.0	30.5	36.6	38.6	39.1

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 3.5**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

## 4.2 Calidad fisiológica de la semilla

### 4.2.1 Prueba de germinación en laboratorio

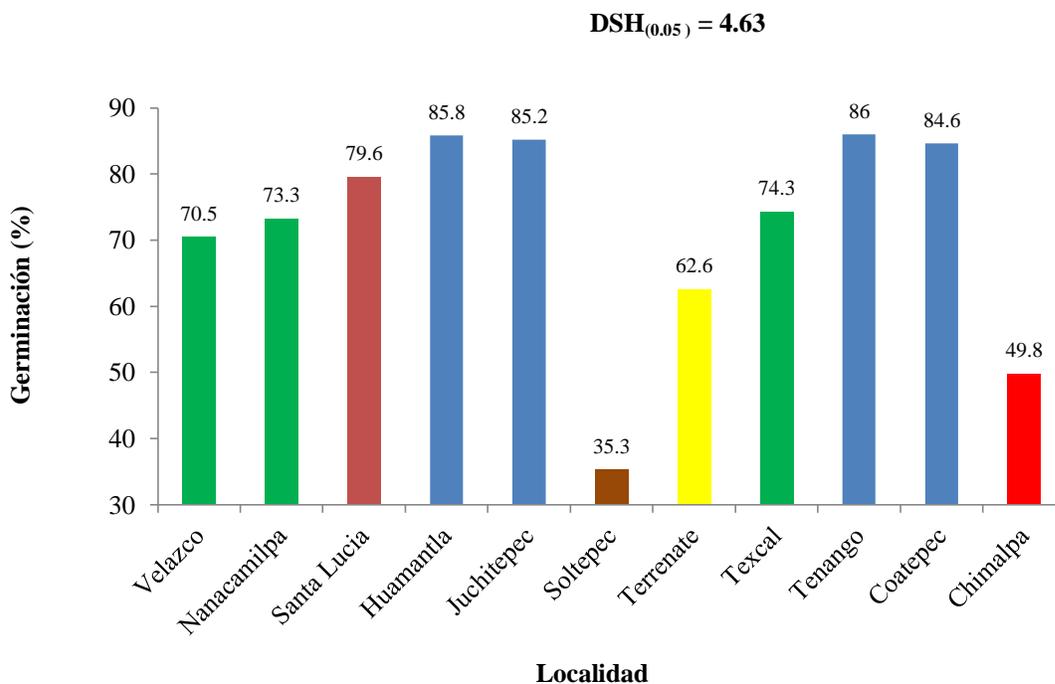
En los parámetros para evaluar la calidad fisiológica, en laboratorio, presentaron diferencias altamente significativas en las variables porcentaje de germinación (PG), porcentaje de plántulas anormales (PPAN) y porcentaje de semillas no germinadas (PSNG). Para los factores de variación LOC, VAR y FUNG, así como en las interacciones LOC\*VAR, LOC\*FUNG, VAR\*FUNG y LOC\*VAR\*FUNG. El factor FUNG mostró diferencias significativas para la variable PG mientras que en PPAN no las hubo (Cuadro 10).

**Cuadro 10. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de calidad fisiológica evaluadas en laboratorio.**

FV	Variable respuesta		
	PG	PPAN	PSNG
LOC	30430.03**	2114.69**	20140.28**
VAR	659.29**	142.87**	542.50**
FUNG	645.83*	45.21 ns	406.87**
LOC*VAR	572.02**	143.76**	300.71**
LOC*FUNG	893.52**	399.44**	394.90**
VAR*FUNG	410.25**	123.22**	189.86**
LOC*VAR*FUNG	290.98**	97.82**	140.60**
<b>CV (%)</b>	<b>15.01</b>	<b>58.19</b>	<b>52.07</b>

\*= significancia al 0.05 de probabilidad, \*\*= significancia al 0.01 de probabilidad, ns= no significativo; FV= Fuente de variación, PG= porcentaje de germinación, PPAN= Porcentaje de plántulas anormales, PSNG= porcentaje de semillas sin germinar, 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.

La variable germinación es evaluada por el número de plántulas normales (PG) y se reporta en porcentaje. Se presentaron diferencias significativas por efecto de localidad, en promedio se registró el 71.5 % de germinación; Tenango, Huamantla, Juchitepec y Coatepec no presentaron diferencias entre sí, siendo las de mejor germinación con 85 %, mientras que Terrenate, Chimalpa y Soltepec fueron las más bajas en esta variable con 63 %, 50 % y 35 %, respectivamente (Figura 8). Al igual que en las variables PVOL y PMS se tuvo afectación en la semilla debido a la helada que se presentó en la localidad de Soltepec que repercutió una germinación baja. Las variedades Temporalera M87 y Cortázar S94 fueron las que tuvieron el mayor porcentaje de germinación; mientras que Rebeca F2000 y Altiplano F2007 fueron las de menor valor (Figura 9). El tratamiento con aplicación de fungicida fue superado en 2 % por el tratamiento sin fungicida (Figura 10).



**Figura 8. Porcentaje de germinación por localidad en la prueba de laboratorio.**

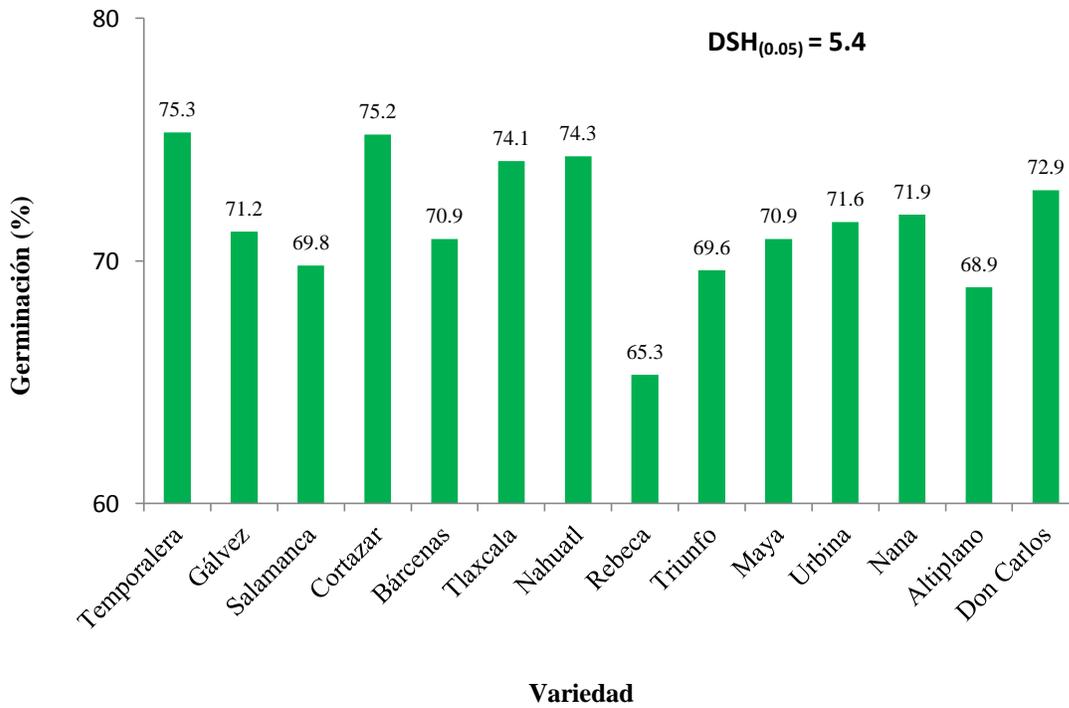


Figura 9. Porcentaje de germinación de 14 variedades de trigo en la prueba de laboratorio.

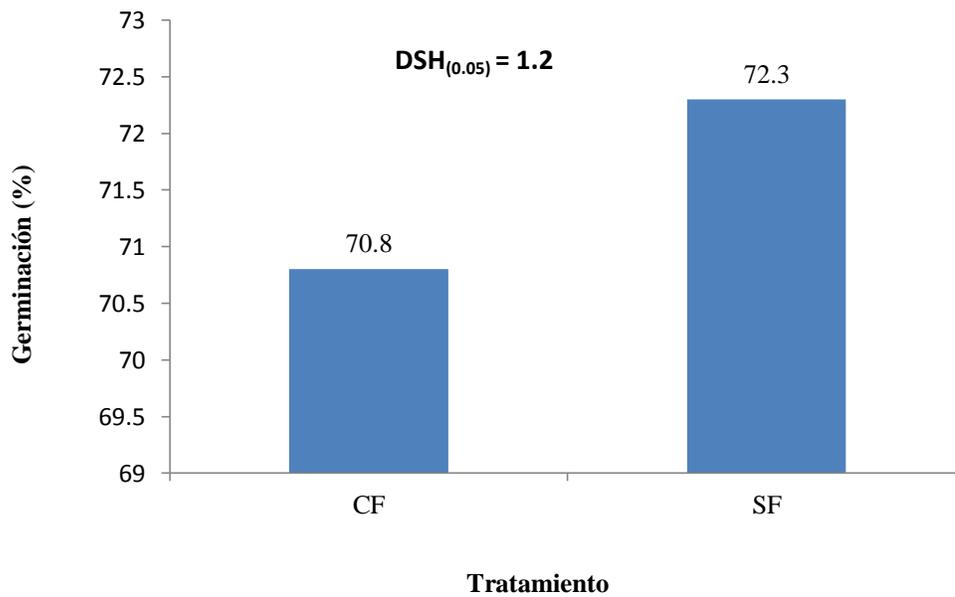


Figura 10. Efecto de la aplicación de fungicida sobre el porcentaje de germinación en la prueba de laboratorio.

Por efecto de la interacción LOC\*VAR hubo diferencias altamente significativas en donde las variedades Nana F2007 en Nanacamilpa y Salamanca S75 en Coatepec presentaron el mayor porcentaje de germinación (98 %), mientras que Triunfo F2004 lo fue en la localidad de Tenango. La variedad Rebeca F2000 registró valores menores al 50 % y fue la de menor germinación en las localidades de Velazco, Chimalpa y Soltepec (Cuadro 11).

**Cuadro 11. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR para la variable porcentaje de germinación de 14 variedades de trigo en laboratorio.**

Variedad	Localidad										
	VEL	NANA	SL	HUAM	JUCH	SOL	TERR	TEX	TEN	COA	CHIM
SALAMANCA S75	73.5	50.5	74.0	89.0	90.5	39.5	69.5	55.0	82.5	98.0	46.0
TEMPORALERA M87	80.0	82.5	78.0	88.5	83.0	38.0	72.5	81.0	90.0	86.5	48.0
GÁLVEZ M87	71.5	72.0	71.5	83.0	78.5	52.0	66.0	70.0	84.0	87.0	48.0
CORTÁZAR S94	71.5	67.0	74.0	94.5	90.5	39.5	73.0	85.5	83.0	84.0	64.5
BÁRCENAS S2002	72.5	80.5	76.0	84.5	74.5	50.0	62.5	74.0	76.0	77.0	52.5
TLAXCALA F2000	76.0	69.0	87.0	91.5	87.5	42.0	71.5	66.0	82.0	95.0	48.0
NÁHUATL F2000	82.0	55.0	75.5	93.5	85.0	45.5	68.5	79.5	87.0	84.5	61.0
REBECA F2000	49.0	74.5	75.5	74.0	89.5	17.0	54.0	77.5	90.5	88.0	28.5
TRIUNFO 2004	58.0	69.5	92.5	88.5	84.5	21.5	58.5	69.5	97.0	82.5	43.5
MAYA S007	78.5	72.5	76.5	78.5	85.0	37.5	56.5	75.0	88.0	77.5	54.5
URBINA S2007	79.5	73.5	89.0	86.5	73.0	40.5	67.0	72.5	76.5	79.0	51.0
NANA F2007	76.0	98.0	84.0	80.5	90.0	21.0	45.0	77.5	91.0	84.5	43.5
ALTIPLANO F2007	55.0	72.5	79.0	79.5	88.5	22.5	57.0	83.0	91.0	87.0	42.5
DON CARLOS "S"	63.5	88.5	82.5	89.5	93.0	55.0	27.5	73.5	86.0	76.0	66.5

**DSH(0.05) = 23.2**

VEL=Velazco, NAN=Nanacamilpa, SL=Santa Lucia, Huam=Huamantla, JUCH=Juchitepec, SOL=Soltepec, TERR=Terrenate, TEX=Texcal, TEN=Tenango, COA=Coatepec, CHI=Chimalpa.

En la interacción LOC\*FUNG hubo diferencias significativas; 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 variedades 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 (Cuadro 12).

**Cuadro 12. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*FUNG para la variable porcentaje de germinación en laboratorio.**

Variedad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
VELAZCO	67.1	73.8
NANACAMILPA	75.0	71.5
SANTA LUCIA	76.1	83.2
HUAMANTLA	88.6	83.1
JUCHITEPEC	86.2	84.2
SOLTEPEC	39.1	31.5
TERRENATE	58.6	66.6
TEXCAL	71.0	77.6
TENANGO	84.5	87.1
COATEPEC	82.4	87.1
CHIMALPA	50.7	49.0

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 7.3**

En el caso de la interacción VAR\*FUNG la mayor germinación se registró en las variedades Temporalera M87, Tlaxcala F2000 y Maya S2007 con la aplicación de fungicida, mientras que sin aplicación la mayor germinación fue en Náhuatl F2000, Cortázar S94, Don Carlos “S”, Temporalera M87 y Urbina S2007. Temporalera M87 registró la misma germinación con ambos tratamientos (con y sin aplicación de fungicida); por otra parte en las variedades Don Carlos “S”, Urbina S2007 y Triunfo F2004 no se tuvo efecto positivo por la aplicación de fungicida ya que sin aplicación la germinación fue superior en 7 a 10 % aproximadamente; esto debido en parte a la resistencia de estas

variedades a las enfermedades foliares. En el caso de variedades susceptibles como Maya S2007 y Rebeca F2000, la aplicación de fungicida si influyó positivamente en la germinación (Cuadro 13).

**Cuadro 13. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR\*FUNG para la variable porcentaje de germinación en laboratorio.**

Variedad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
SALAMANCA S75	69.1	70.6
TEMPORALERA M87	75.1	75.5
GALVEZ M87	69.7	72.7
CORTÁZAR S94	73.9	76.5
BÁRCENAS S2000	69.4	72.5
TLAXCALA F2000	74.1	74.2
NÁHUALT F2000	71.2	77.4
REBECA F2000	68.8	61.7
TRIUNFO F2004	67.6	71.6
MAYA S2007	74.8	67.0
URBINA S2007	68.2	75.1
NANA F2007	71.1	72.7
ALTIPLANO F2007	68.6	69.2
DON CARLOS "S"	70.18	75.6
<b>DSH<sub>(0.05)</sub> = 8.5</b>		

La interacción LOC\*VAR\*FUNG presentó diferencias altamente significativas manifestando que la germinación varía bajo condiciones ambientales contrastantes,

complementada por la aplicación de fungicida. En localidades que se ubican en áreas de condiciones favorables para la expresión potencial del rendimiento (Villaseñor, 2009) como Coatepec, Tenango, Huamantla y Nanacamilpa, 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 (Cuadro 14).

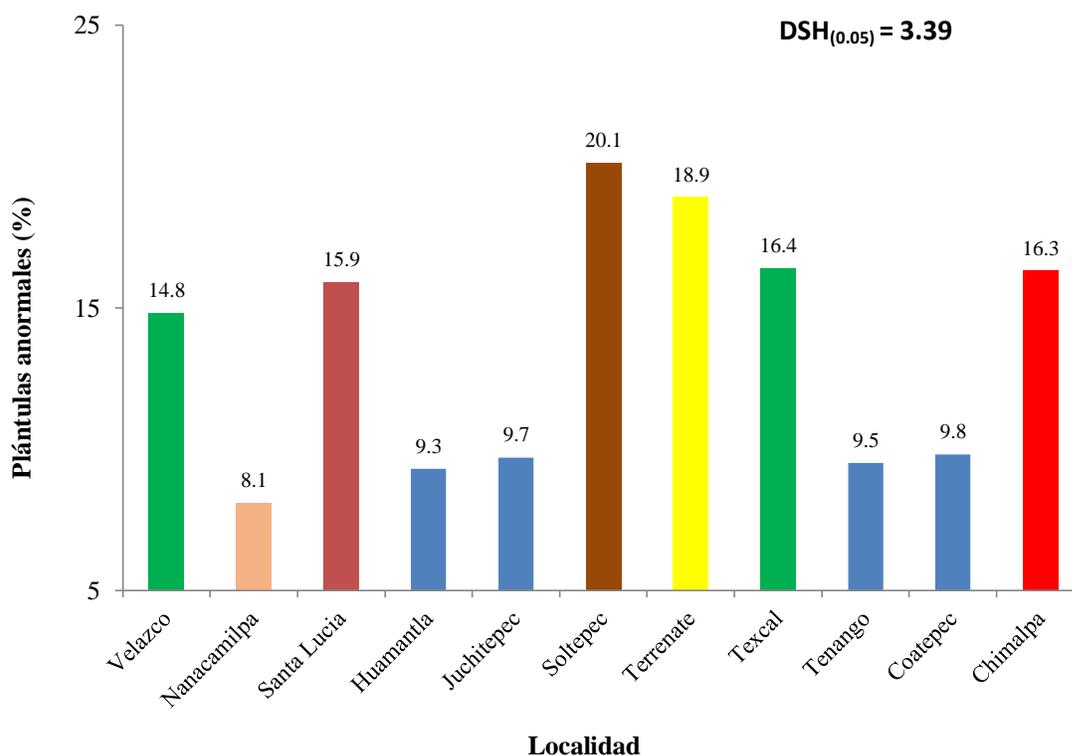
**Cuadro 14. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR\*FUNG para la variable porcentaje de germinación en laboratorio.**

Localidad	Variedad																												
	TEMP		GAL		SAL		CORT		BÁR		TLAX		NÁH		REB		TRIU		MAY		URB		NANA		ALT		D CA		
	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
VELAZCO	72	88	64	79	66	81	62	81	66	79	76	76	77	87	48	50	59	57	83	74	78	81	83	69	53	57	53	74	
NANACAMILPA	80	85	75	69	51	50	64	70	81	80	78	60	68	42	88	61	61	78	84	61	63	84	97	99	74	71	86	91	
SANTA LUCIA	84	72	74	69	66	82	61	87	70	82	79	95	72	79	68	83	85	100	89	64	84	94	76	92	78	80	79	86	
HUAMANTLA	92	85	83	83	94	84	93	96	88	81	92	91	96	91	85	63	93	84	82	75	88	85	81	80	83	76	90	89	
JUCHITEPEC	81	85	76	81	92	89	86	95	84	65	90	85	75	95	88	91	82	87	89	81	85	61	96	84	90	87	93	93	
SOLTEPEC	46	30	58	46	49	30	48	31	49	51	48	36	44	47	26	8	26	17	45	30	40	41	14	28	36	9	18	37	
TERRENATE	75	70	67	65	60	79	71	75	53	72	71	72	57	80	59	49	53	64	41	72	59	75	45	45	53	61	56	54	
TEXCAL	79	83	67	73	50	60	87	84	74	74	58	74	77	82	80	75	73	66	70	80	61	84	71	84	74	92	72	75	
TENANGO	86	94	73	95	82	83	90	76	62	90	71	93	80	94	96	85	97	97	92	84	80	73	88	94	91	91	95	77	
COATEPEC	78	95	84	90	97	99	81	87	86	68	93	97	82	87	89	87	72	93	90	65	64	94	92	77	84	90	62	90	
CHIMALPA	53	43	46	50	53	39	70	59	50	55	59	37	55	67	30	27	43	44	58	51	48	54	39	48	38	47	68	65	

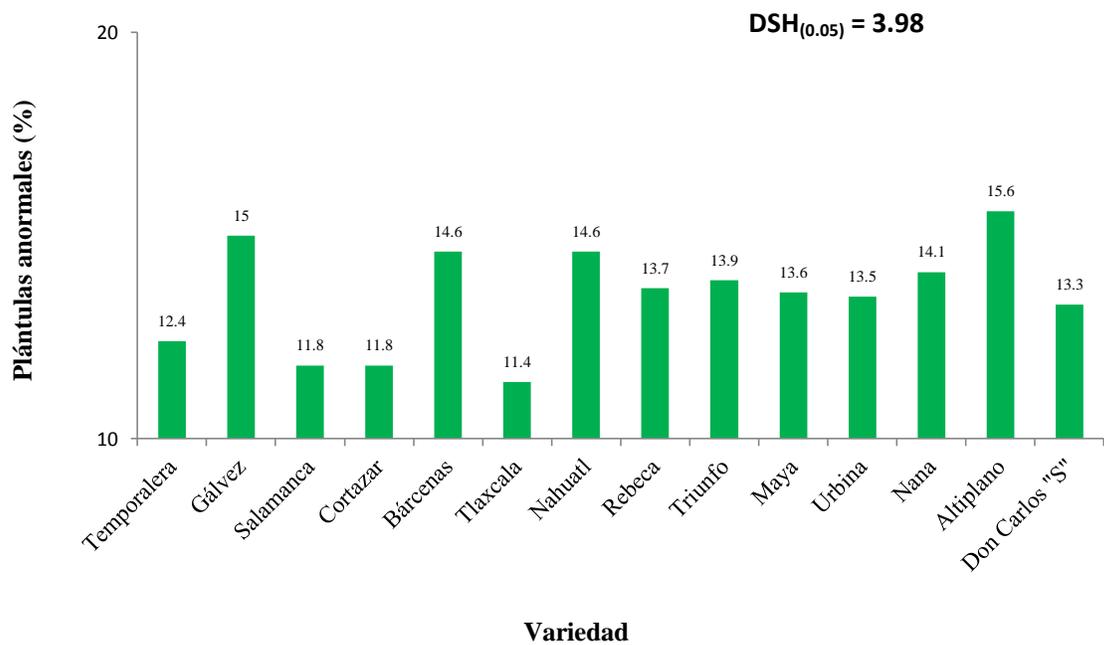
**DSH<sub>(0.05)</sub> = 32.8**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

En la variable porcentaje de plántulas anormales (PPAN) el promedio por localidad fue de 13.5 % con un rango entre 8.1 % y 20.1 %, siendo Soltepec donde se tuvo el mayor porcentaje, debido a la presencia de heladas, ya que el estrés por frío puede causar anomalías estructurales y funcionales en la semilla (Thakur *et al.*, 2010). En Nanacamilpa, Huamantla, Tenango del Aire, Juchitepec y Coatepec se registró el menor porcentaje de plántulas anormales (Figura 11). Con respecto a variedades se tuvo un rango de 11.4 % a 15.6 % con un promedio de 13.5 (Figura 12). El tratamiento con fungicida no presentó diferencias significativas, siendo de 13.7 y 13.3 % con y sin aplicación respectivamente.

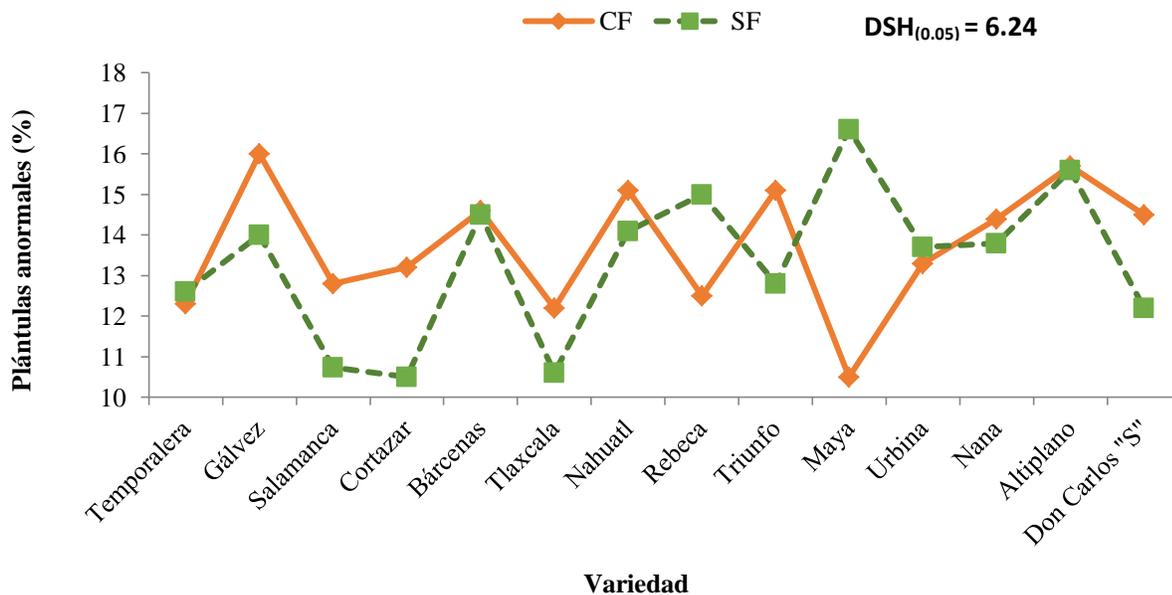


**Figura 11. Porcentaje de plántulas anormales por localidad en la prueba de germinación en laboratorio.**



**Figura 12. Porcentaje de plántulas anormales por variedad en la prueba de germinación en laboratorio.**

En la interacción VAR\*FUNG hubo diferencias significativas, en donde las 14 variedades, en las diferentes localidades, presentaron plántulas anormales con un promedio de 13.5 %. La variedad Maya S2007 sin aplicación de fungicida tuvo el valor más alto, mientras que con aplicación de fungicida disminuyó 36.7 % el porcentaje de plántulas anormales. En el caso de Temporalera M87, Bárcenas S2002, Urbina S2007 y Altiplano F2007 no hubo efecto por la aplicación de fungicida ya que se tuvieron valores iguales con ambos tratamientos (Figura 13).



**Figura 13. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR\*FUNG para la variable porcentaje de plántulas anormales.**

También hubo un comportamiento diferencial de las variedades, dependiendo de la localidad (interacción LOC\*VAR); tanto el ciclo vegetativo como la condición ambiental repercuten en el número de plántulas anormales; tal como ocurrió con Nana F2007 de ciclo intermedio a tardío, en el ambiente de Soltepec que es considerado como crítico (Villaseñor, 2009). En promedio de las 11 localidades la variedad Gálvez M87 tuvo el mayor porcentaje de plántulas anormales, mientras que en promedio de las 14 variedades por localidad Nanacamilpa y Huamantla fueron las que presentaron el menor porcentaje, en tanto que Soltepec y Terrenate registraron los valores más altos para esta variable (Cuadro 15).

**Cuadro 15. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR para la variable plántulas anormales en la prueba de germinación en laboratorio.**

Localidad	Variedad													
	TEMP	GAL	SAL	CORT	BÁR	TLAX	NÁH	REB	TRIU	MAY	URB	NANA	ALT	D CA
VELAZCO	9.5	10.0	10.0	11.5	12.5	12.0	12.5	26.5	24.0	10.0	13.0	14.0	24.5	17.0
TEXCAL	11.5	22.5	23.0	8.5	18.5	18.0	16.5	14.5	18.5	17.0	17.5	14.5	10.5	18.5
TERRENATE	15.5	17.5	17.0	14.5	18.5	16.0	20.0	20.5	19.0	16.5	16.5	26.0	27.0	20.5
TENANGO	7.5	11.5	11.5	11.0	12.0	12.5	10.5	4.5	2.5	8.5	13.0	8.0	7.5	12.0
SOLTEPEC	21.0	20.5	10.5	16.5	18.5	19.0	19.5	15.5	26.0	18.0	21.0	29.5	21.5	25.0
SANTA LUCIA	17.5	19.0	20.5	21.0	21.0	10.5	20.5	15.5	5.5	15.0	10.5	14.0	18.0	13.5
NANACAMILPA	7.0	8.0	5.0	8.5	5.0	5.5	18.0	7.0	9.0	6.5	12.5	1.0	15.0	5.0
JUCHITEPEC	13.0	14.0	5.0	7.0	12.5	8.5	8.5	7.5	13.5	9.5	15.0	7.5	9.0	5.5
HUAMANTLA	6.5	9.5	6.5	3.0	11.0	5.0	5.0	17.5	8.0	15.0	8.5	12.0	15.0	7.0
COATEPEC	9.5	10.0	1.5	13.0	16.5	3.0	12.5	6.5	10.0	15.5	7.0	11.5	7.5	13.5
CHIMALPA	18.0	22.5	19.0	15.5	14.0	15.5	17.0	15.5	17.5	17.5	14.0	17.0	16.5	9.0

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 16.9**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

La interacción LOC\*FUNG presentó diferencias significativas. Las localidades Nanacamilpa, Huamantla y Juchitepec con aplicación de fungicida son similares en el porcentaje de plántulas anormales, mientras que sin la aplicación, Nanacamilpa, Tenango y Coatepec presentaron valores iguales en esta variable. En ambientes de condiciones críticas como Soltepec y Terrenate sin aplicación de fungicida se tuvo el mayor número de plántulas anormales; sin embargo, en localidades como Chimalpa no hubo diferencia entre los tratamientos (Cuadro 16).

**Cuadro 16. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*FUNG para la variable porcentaje de plántulas anormales en la prueba de germinación en laboratorio.**

Localidad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
VELAZCO	16.4	13.1
NANACAMILPA	7.8	8.4
SANTA LUCIA	18.9	12.9
HUAMANTLA	7.9	10.6
JUCHITEPEC	9.4	10.1
SOLTEPEC	16.5	23.8
TERRENATE	17.9	20.0
TEXCAL	18.9	13.9
TENANGO	10.4	8.5
COATEPEC	10.8	8.7
CHIMALPA	16.1	16.6
<b>DSH<sub>(0.05)</sub> = 5.35</b>		

En la interacción LOC\*VAR\*FUNG las respuestas a las condiciones ambientales y al tratamiento con y sin fungicida se manifestó de manera diferente en los genotipos; así en condiciones favorables como Nancamilpa, Coatepec, Juchitepec y Huamantla se registraron los porcentajes más bajos de plántulas anormales, mientras que en condiciones críticas como Soltepec, Terrenate y Texcal aumentó el número de plántulas con anomalías. Variedades susceptibles como Salamanca S75 en condiciones favorables como Coatepec registraron porcentajes muy bajos (2 %), y por ende en ambientes favorables con genotipos resistentes como fue el caso de Nana F2007 en Nancamilpa se obtuvieron valores casi nulos de plántulas anormales (1 %) con y sin aplicación del fungicida; caso contrario ocurrió en condiciones críticas y en variedades susceptibles donde se incrementan los valores en esta variable (Cuadro 17).

**Cuadro 17. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR\*FUNG para la variable porcentaje de plántulas anormales en laboratorio.**

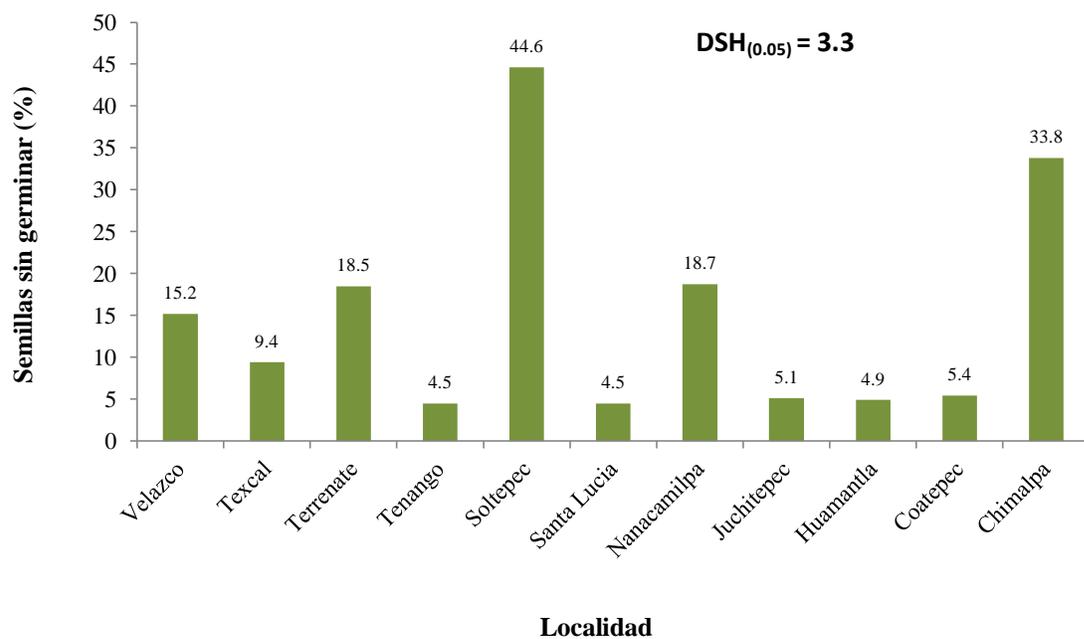
Localidad	Variedad																											
	TEMP		GAL		SAL		CORT		BÁR		TLAX		NÁH		REB		TRIU		MAY		URB		NANA		ALT		D CA	
	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin
VELAZCO	13	6	14	6	14	6	16	7	16	9	9	15	12	13	28	25	27	21	5	10	11	15	11	17	30	19	24	10
TEXCAL	13	10	25	20	24	22	7	10	21	16	21	15	19	14	12	17	21	16	18	16	24	11	20	9	17	4	22	15
TERRENATE	11	20	14	21	22	12	16	13	17	20	13	19	23	17	21	20	16	22	16	17	18	15	25	27	24	30	14	27
TENANGO	10	5	19	4	12	11	8	14	17	7	19	6	16	5	4	5	2	3	7	10	9	17	11	5	7	8	5	19
SOLTEPEC	15	27	17	24	13	8	17	16	17	20	18	20	15	24	7	24	18	34	16	20	12	30	26	33	14	29	26	24
SANTA LUCIA	14	21	16	22	26	15	32	10	26	16	16	5	23	18	22	9	11	0	7	23	15	6	21	7	20	16	15	12
NANACAMILPA	9	5	6	10	4	6	11	6	3	7	4	7	12	24	5	9	13	5	4	9	15	10	1	1	14	16	8	2
JUCHITEPEC	14	12	13	15	5	5	10	4	9	16	8	9	14	3	11	4	14	13	6	13	8	22	3	12	9	9	7	4
HUAMANTLA	5	8	11	8	2	11	3	3	9	13	5	5	3	7	10	25	6	10	14	16	9	8	14	10	12	18	8	6
COATEPEC	14	5	12	8	2	1	13	13	13	20	6	0	12	13	4	9	18	2	8	23	12	2	8	15	9	6	20	7
CHIMALPA	17	19	29	16	17	21	12	19	13	15	15	16	17	17	13	18	20	15	14	21	13	15	18	16	17	16	10	8

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 24.0**

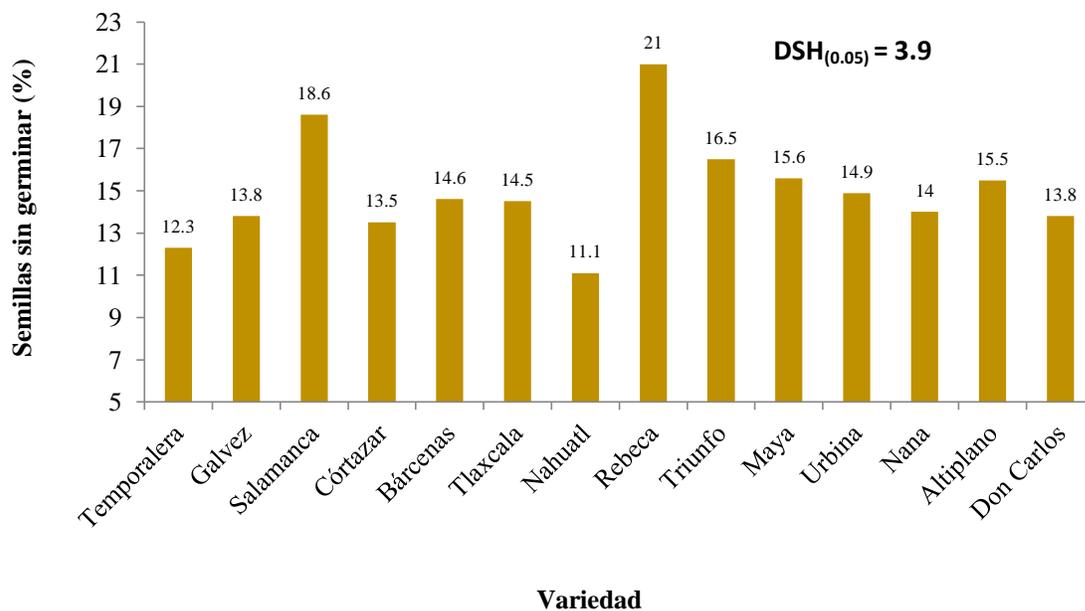
TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

En el porcentaje de semillas sin germinar (PSNG); la prueba de germinación en laboratorio presentó diferencias significativas. Tenango, Santa Lucía, Huamantla, Juchitepec y Coatepec tuvieron los valores más bajos (Figura 14), mientras que en Soltepec y Chimalpa se encontraron porcentajes de semillas sin germinar superiores a 30 %, debido a que el ambiente no fue el óptimo, en virtud de que la incidencia de heladas en las dos localidades repercutió en la germinación de la semilla, tal como lo menciona Hilhorst (2011). En este estudio todas las variedades, en alguna medida presentaron semillas sin germinación, donde Náhuatl F2000 registró el menor porcentaje, mientras que Rebeca F2000 superó el 20 % (Figura 15).

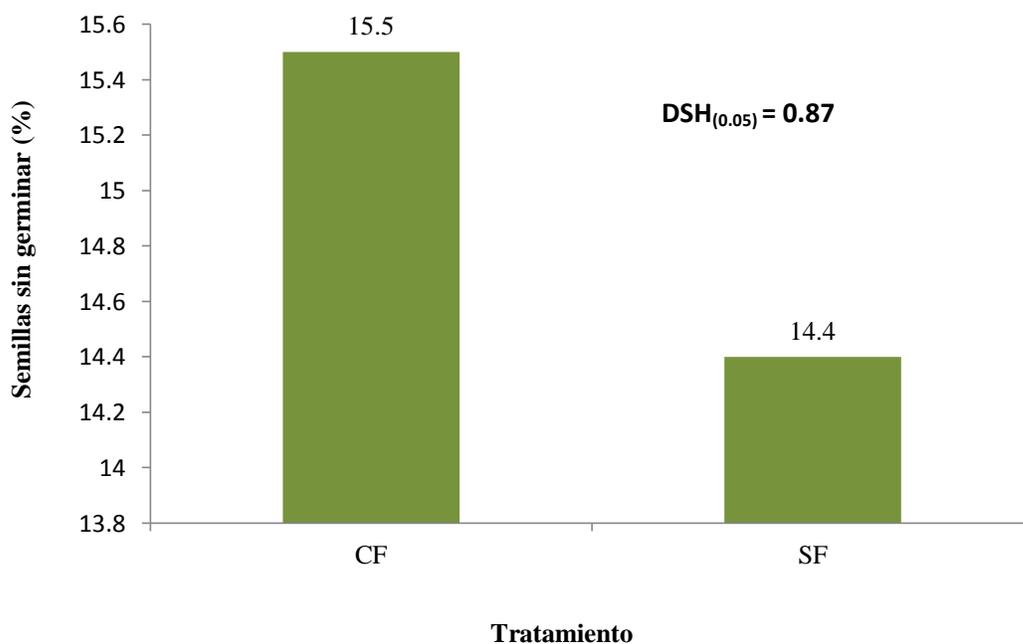
En la Figura 16 puede apreciarse el efecto de la aplicación de fungicida en esta variable con un 7.1 % mayor al tratamiento sin fungicida.



**Figura 14. Porcentaje de semillas sin germinar por localidad en la prueba de germinación en laboratorio.**

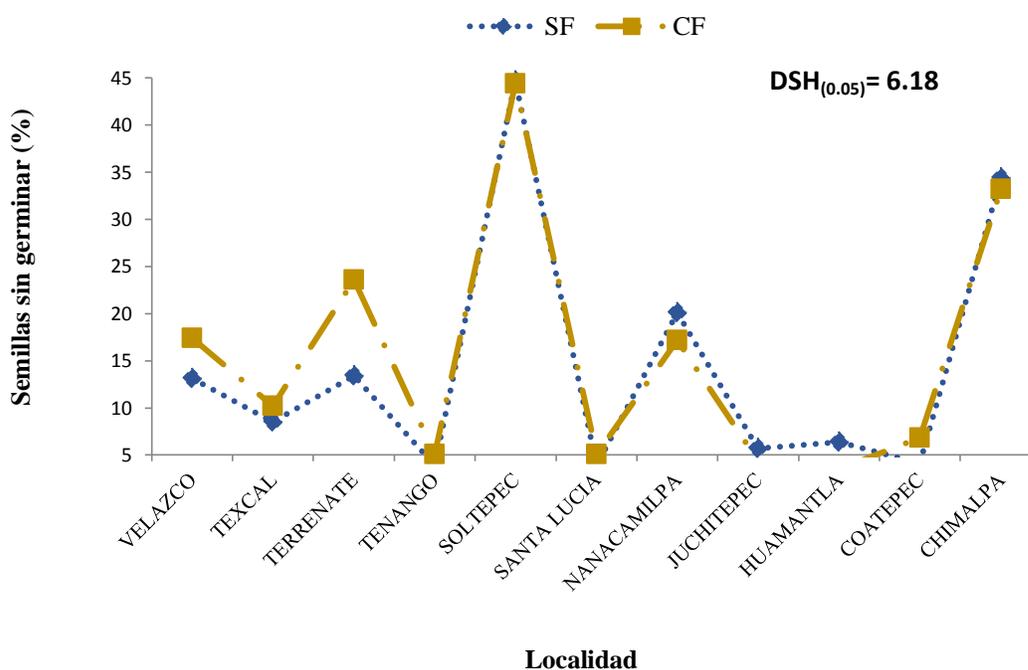


**Figura 15. Porcentaje de semillas sin germinar por variedad en la prueba de germinación en laboratorio.**



**Figura 16. Efecto de la aplicación de fungicida sobre el porcentaje de semillas sin germinar en la prueba de germinación en laboratorio.**

La interacción LOC\*FUNG también presentó significancia estadística, donde Tenango, Santa Lucía, Juchitepec, Huamantla y Coatepec registraron el menor porcentaje con y sin tratamiento de fungicida; mientras que Soltepec y Chimalpa tuvieron la mayor cantidad de semillas sin germinar (Figura 17).



**Figura 17. Porcentaje de semillas sin germinar de la interacción LOC\*FUNG en la prueba de germinación en laboratorio.**

La interacción LOC\*VAR fue estadísticamente diferente; así Tenango, Santa Lucía y Huamantla tuvieron en promedio menos del 5% de semillas sin germinar; en cuanto a variedades, Triunfo F2004 y Salamanca S75 en Tenango y Coatepec presentaron el valor

más bajo (0.5%), mientras que Rebeca F2000 registró los valores más altos en Soltepec y Chimalpa con más del 50% (Cuadro 18).

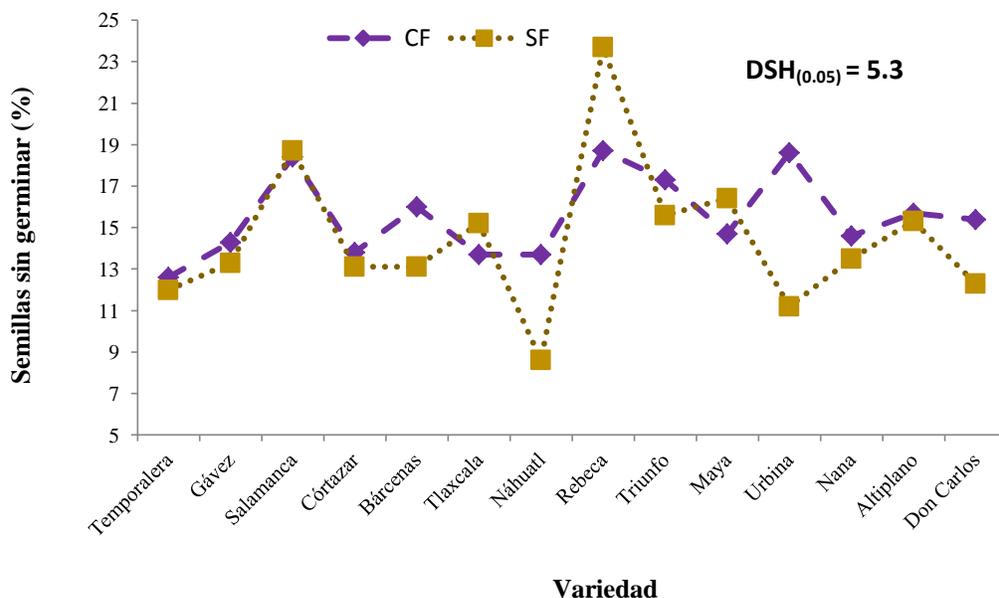
**Cuadro 18. Comparación de medias de la interacción LOC\*VAR para la variable porcentaje de semillas sin germinar en la prueba de germinación de laboratorio.**

Localidad	Variedad													
	TEMP	GAL	SAL	CORT	BÁR	TLAX	NÁH	REB	TRIU	MAY	URB	NANA	ALT	DCA
VELAZCO	10.5	18.5	18.0	22.0	15.0	12.0	5.5	24.5	18.0	11.5	7.5	10.0	20.5	19.5
TEXCAL	7.5	7.5	22.0	6.0	7.5	16.0	4.0	8.0	12.0	8.0	10.0	8.0	6.5	8.0
TERRENATE	12.0	16.5	13.5	12.5	19.0	12.5	11.5	25.5	22.5	27.0	16.5	29.0	16.0	24.5
TENANGO	2.5	4.5	6.0	6.0	12.0	5.5	2.5	5.0	0.5	3.5	10.5	1.0	1.5	2.0
SOLTEPEC	41.0	27.5	50.0	44.0	31.5	39.0	35.0	67.5	52.5	44.5	38.5	49.5	56.0	47.5
SANTA LUCIA	4.5	9.5	5.5	5.0	3.0	2.5	4.0	9.0	2.0	8.5	0.5	2.0	3.0	4.0
NANACAMILPA	10.5	20.0	44.5	24.5	14.5	25.5	27.0	18.5	21.5	21.0	14.0	1.0	12.5	6.5
JUCHITEPEC	4.0	7.5	4.5	2.5	13.0	4.0	6.5	3.0	2.0	5.5	12.0	2.5	2.5	1.5
HUAMANTLA	5.0	7.5	4.5	2.5	4.5	3.5	1.5	8.5	3.5	6.5	5.0	7.5	5.5	3.5
COATEPEC	4.0	3.0	0.5	3.0	6.5	2.0	3.0	5.5	7.5	7.0	14.0	4.0	5.5	10.5
CHIMALPA	34.0	29.5	35.0	20.0	33.5	36.5	22.0	56.0	39.0	28.0	35.0	39.5	41.0	24.5

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 16.8**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

En cuanto a la interacción VAR\*FUNG (Figura 18), es de notarse que Náhuatl F2000 sin fungicida registró menor cantidad de semillas sin germinar; mientras que Rebeca F2000 tuvo el valor más alto; por otra parte, entre Temporalera M87, Salamanca S75 y Altiplano F2007 no hubo diferencia entre los tratamientos con y sin fungicida.



**Figura 18** Porcentaje de semillas sin germinar de la interacción VAR\*FUNG en la prueba de germinación en laboratorio.

Sobre los efectos diferenciales que se aprecian en la interacción LOC\*VAR\*FUNG (Cuadro 19), puede señalarse que las localidades de Tenango, Juchitepec, Coatepec y Huamantla, con variedades como Triunfo F2004, Nana F2007, Altiplano F2007, Don Carlos “S”, Náhuatl F2000 y Salamanca S75 registraron valores entre cero y 1 % de semillas sin germinar. En ambientes de condiciones favorables como Tenango y Coatepec se registraron valores bajos aun en el tratamiento sin aplicación de fungicida. En variedades resistentes como Nana F2007 los valores fueron semejantes en ambos tratamientos (con y sin).

**Cuadro 19. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR\*FUNG para la variable porcentaje de semillas sin germinar en la prueba de germinación de laboratorio.**

Localidad	Variedad																											
	TEMP		GAL		SAL		CORT		BÁR		TLAX		NÁH		REB		TRIU		MAY		URB		NANA		ALT		D CA	
	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin
VELAZCO	15	6	22	15	23	13	32	12	18	12	15	9	11	0	24	25	14	22	12	11	11	4	6	14	17	24	23	16
TEXCAL	8	7	8	7	26	18	6	6	5	10	21	11	4	4	8	8	6	18	12	4	15	5	9	7	9	4	6	10
TERRENATE	14	10	19	14	18	9	13	12	30	8	16	9	20	3	20	31	31	14	43	11	23	10	30	28	23	9	30	19
TENANGO	4	1	8	1	6	6	2	10	21	3	10	1	4	1	0	10	1	0	1	6	11	10	1	1	2	1	0	4
SOLTEPEC	39	43	25	30	38	62	35	53	34	29	34	44	41	29	67	68	56	49	39	50	48	29	60	39	50	62	56	39
SANTA LUCIA	2	7	10	9	8	3	7	3	4	2	5	0	5	3	10	8	4	0	4	13	1	0	3	1	2	4	6	2
NANACAMILPA	11	10	19	21	45	44	25	24	16	13	18	33	20	34	7	30	26	17	12	30	22	6	2	0	12	13	6	7
JUCHITEPEC	5	3	11	4	3	6	4	1	7	19	2	6	11	2	1	5	4	0	5	6	7	17	1	4	1	4	0	3
HUAMANTLA	3	7	6	9	4	5	4	1	3	6	3	4	1	2	5	12	1	6	4	9	3	7	5	10	5	6	2	5
COATEPEC	8	0	4	2	1	0	6	0	1	12	1	3	6	0	7	4	10	5	2	12	24	4	0	8	7	4	18	3
CHIMALPA	30	38	25	34	30	40	18	22	37	30	26	47	28	16	57	55	37	41	28	28	39	31	43	36	45	37	22	27

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 23.78**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

#### 4.2.2 Evaluación de la calidad fisiológica de la semilla en condiciones de invernadero

En el análisis de varianza de los parámetros para evaluar la calidad fisiológica en invernadero, las variables porcentaje de germinación (PGI) y porcentaje de semillas sin germinar (PSNGI) presentaron diferencias altamente significativas para los factores LOC, VAR y FUNG, así como en todas las interacciones, en tanto que la velocidad de emergencia (VE) lo tuvo para LOC y VAR, así como en las interacciones LOC\*VAR, LOC\*FUNG, VAR\*FUNG y LOC\*VAR\*FUNG, mientras que no las hubo para el factor FUNG. El porcentaje de plántulas anormales (PPANI) tuvieron diferencia significativa en los factores LOC y VAR, así como las interacciones LOC\*VAR, VAR\*FUN y LOC\*VAR\*FUNG, en tanto que LOC\*FUNG no se registraron diferencias estadísticas. La longitud de plántula (LP) y peso seco de plántula (PSP) presentaron diferencias altamente significativas para los tres factores, así como en las interacciones LOC\*VAR y LOC\*FUNG.

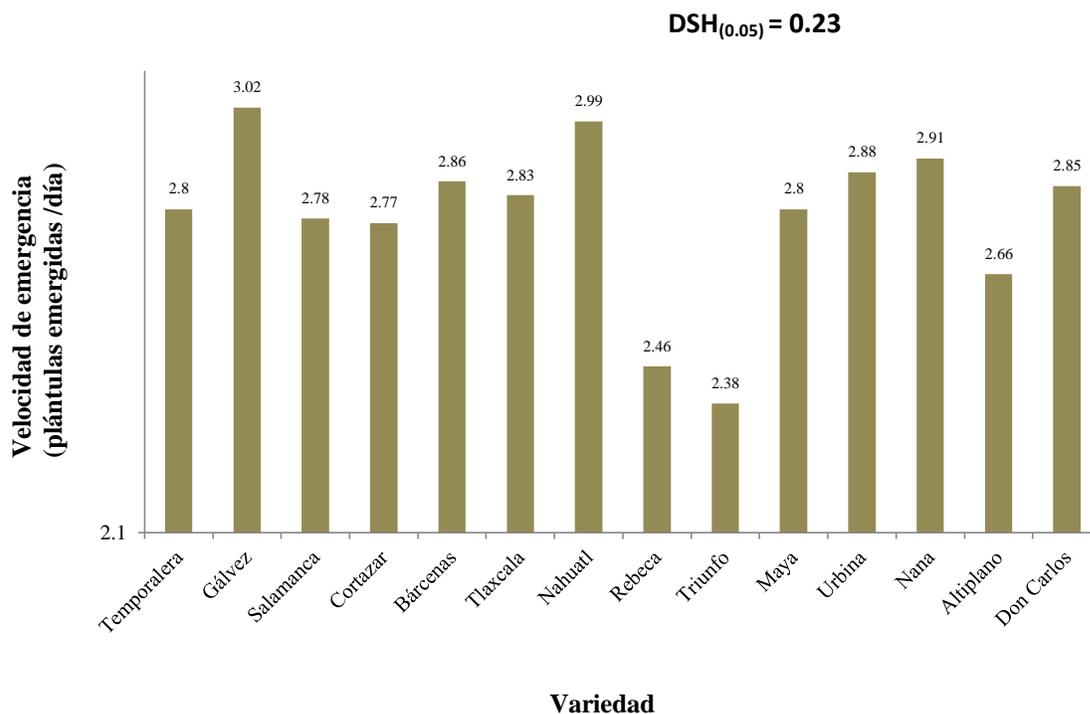
**Cuadro 20. Cuadrados medios y significancia estadística de las variables de calidad fisiológica evaluadas en invernadero.**

FV	Variable respuesta					
	VE (plantas/día)	PGI	PPANI	PSNGI	LP (cm)	PSP (mg)
LOC	73.45**	29474.40**	13043.20**	6483.80**	342.96**	828.90**
VAR	2.37**	1244.60**	319.30**	983.90**	84.11**	335.50**
FUNG	0.49ns	358.70**	221.70ns	1144.30**	36.80**	359.80**
LOC*VAR	0.80**	425.50**	144.60**	273.30**	3.76**	11.70**
LOC*FUNG	0.63**	259.60**	108.80ns	164.30**	3.73**	24.71**
VAR*FUNG	0.72**	368.10**	196.50**	124.20**	1.83ns	8.03ns
LOC*VAR*FUNG	0.32**	181.30**	104.20**	86.80**	1.64ns	6.82ns
<b>CV (%)</b>	<b>15.34</b>	<b>13.38</b>	<b>52.54</b>	<b>54.79</b>	<b>9.12</b>	<b>12.80</b>

\*= significancia al 0.05 de probabilidad, \*\*= significancia al 0.01 de probabilidad, ns= no significativo; FV= Fuente de variación, VE=velocidad de emergencia, PGI= Porcentaje de germinación, PPANI= Porcentaje de plántulas anormales, PSNGI= Porcentaje de semillas sin germinar, LP=Longitud de plántula, PSP=peso seco de plántula, 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.

#### 4.2.2.1 Velocidad de emergencia

Para esta variable, las variedades Gálvez M87, Náhuatl 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 Nanacamilpa y Velazco se expresó la mayor velocidad de emergencia, mientras que Soltepec, Juchitepec y Terrenate fueron localidades con menor número de plántulas emergidas por día. Por su parte, en los tratamientos con y sin fungicida no hubo diferencia significativa (Figuras 19, 20, 21).



**Figura 19. Velocidad de emergencia de 14 variedades de trigo en la prueba en invernadero.**

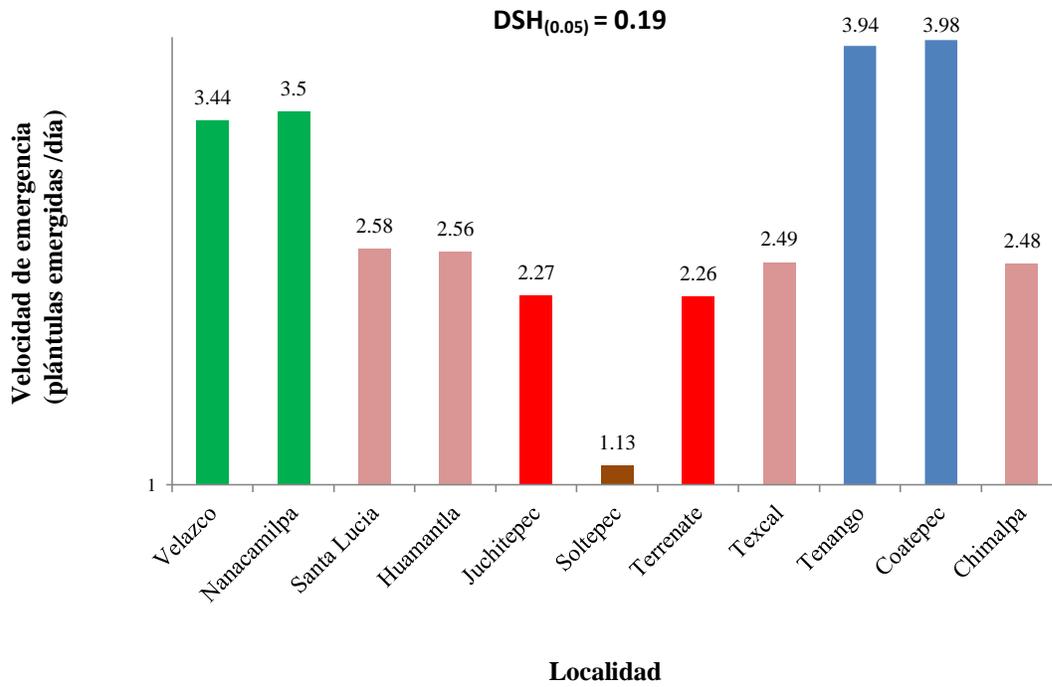


Figura 20. Velocidad de emergencia por localidad en la prueba en invernadero.

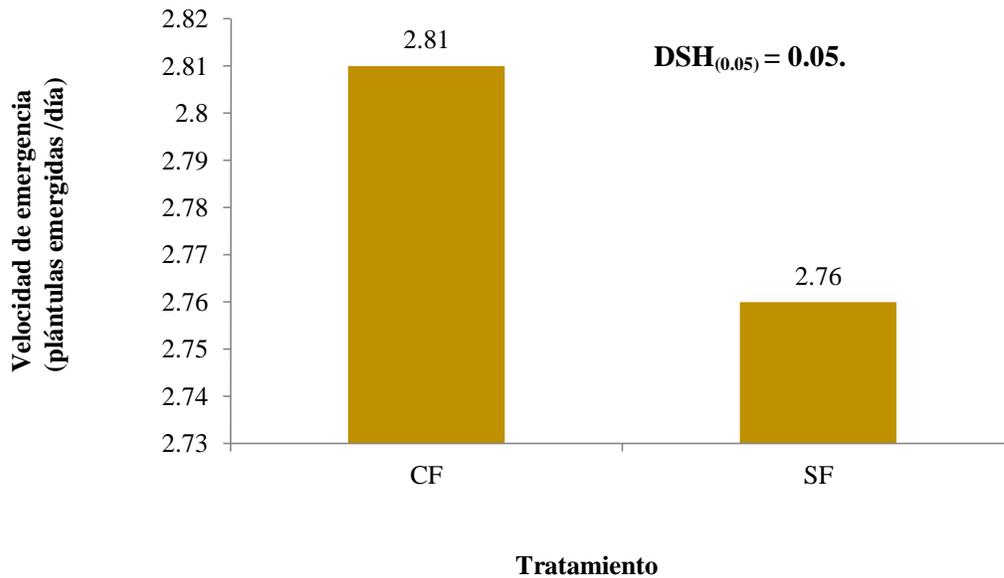


Figura 21. Efecto de la aplicación de fungicida (con y sin) sobre la velocidad de emergencia en la prueba en invernadero.

En la interacción LOC\*FUNG se tuvo una amplitud en velocidad de emergencia de 1.18 a 4.02 en el tratamiento con aplicación de fungicida, donde en la localidad de Tenango se registró el valor más alto; mientras que sin aplicación de fungicida se dio en Coatepec. En la localidad de Soltepec se tuvieron los valores más bajos para esta variable (Cuadro 21). Por otra parte, en la interacción VAR\*FUNG los valores más altos de velocidad de emergencia se obtuvieron con Gálvez M87 y Náhuatl F2000 con y sin fungicida, lo cual indica el alto vigor de estas variedades (Cuadro 22).

**Cuadro 21. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*FUNG para la variable velocidad de emergencia.**

Localidad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
VELAZCO	3.34	3.54
NANACAMILPA	3.65	3.30
SANTA LUCIA	2.64	2.53
HUAMANTLA	2.59	2.53
JUCHITEPEC	2.32	2.22
SOLTEPEC	1.18	1.08
TERRENATE	2.16	2.37
TEXCAL	2.43	2.55
TENANGO	4.02	3.87
COATEPEC	3.98	3.98
CHIMALPA	2.57	2.39
<b>DSH<sub>(0.05)</sub> = 0.31</b>		

**Cuadro 22. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR\*FUNG para la variable velocidad de emergencia.**

Variedad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
SALAMANCA S75	2.77	2.80
TEMPORALERA M87	2.91	2.69
GALVEZ M87	3.09	2.95
CORTÁZAR S94	2.72	2.82
BÁRCENAS S2000	2.85	2.87
TLAXCALA F2000	2.84	2.81
NÁHUALT F2000	3.01	2.97
REBECA F2000	2.52	2.40
TRIUNFO F2004	2.65	2.12
MAYA S2007	2.78	2.82
URBINA S2007	2.86	2.91
NANA F2007	2.88	2.93
ALTIPLANO F2007	2.72	2.59
DON CARLOS “S”	2.68	3.02
<b>DSH<sub>(0.05)</sub> = 0.37</b>		

Para la interacción LOC\*VAR hubo diferencia significativa, destacando que en ambientes favorables como Nanacamilpa las variedades Temporalera M87, Don Carlos “S” y Nana F2007 tuvieron valores altos para velocidad de emergencia, mientras que en Coatepec los genotipos Nana F2007, Gálvez M87 y Náhuatl F2000 fueron las sobresalientes; en el caso de Tenango las variedades que mostraron superioridad en el número de plántulas emergidas por día fueron Altiplano F2007, Temporalera M87 y Gálvez M87 (Cuadro 23).

En la interacción LOC\*VAR\*FUNG el rango para esta variable fue de 0.23 a 4.27; donde la variedad Temporalera M87 en Nanacamilpa con aplicación de fungicida fue la de mayor valor, mientras que Rebeca F2000 sin aplicación de fungicida en la localidad de Soltepec registró el valor más bajo. El ambiente en el que se obtuvo la semilla influyó en su vigor ya que en localidades como Coatepec, Tenango y Nanacamilpa la velocidad de emergencia fue mayor en comparación con Soltepec, Terrenate y Juchitepec (Cuadro 24).

**Cuadro 23. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR para la variable velocidad de emergencia de 14 variedades de trigo.**

Localidad	Variedad													
	TEMP	GAL	SAL	CORT	BÁR	TLAX	NÁH	REB	TRIU	MAY	URB	NANA	ALT	DCA
VELAZCO	3.20	3.99	3.92	3.42	3.58	3.38	3.94	2.49	2.98	3.51	3.95	3.81	2.64	3.38
TEXCAL	2.29	2.52	2.02	2.51	2.45	2.80	2.49	2.65	1.96	2.59	2.48	3.01	2.32	2.73
TERRENATE	2.18	2.80	2.21	2.27	2.17	2.93	2.59	1.77	1.93	2.29	2.46	1.80	2.06	2.25
TENANGO	4.13	4.09	3.66	3.70	3.59	4.04	4.08	4.16	4.06	3.54	3.84	4.01	4.25	4.04
SOLTEPEC	1.12	1.38	1.30	1.38	1.68	0.75	1.86	0.43	0.54	1.34	1.47	0.96	0.57	1.01
SANTA LUCIA	2.78	2.97	2.60	2.36	2.62	2.69	2.54	2.30	1.84	2.88	2.53	2.65	3.04	2.39
NANACAMILPA	4.04	3.62	2.64	3.30	3.69	3.02	3.51	3.42	2.88	3.64	3.73	3.97	3.56	4.02
JUCHITEPEC	2.49	2.60	2.38	2.41	2.14	1.83	2.31	2.55	1.46	2.10	2.06	2.80	2.63	2.03
HUAMANTLA	2.46	2.23	2.76	2.12	2.77	3.16	2.76	2.47	2.31	2.48	2.44	2.60	2.51	2.82
COATEPEC	3.99	4.05	3.96	4.00	4.01	3.93	4.05	3.87	3.95	3.84	3.99	4.08	4.04	3.93
CHIMALPA	2.13	2.97	3.15	3.03	2.74	2.60	2.77	0.99	2.32	2.57	2.78	2.29	1.64	2.72

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 0.99**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

**Cuadro 24. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR\*FUNG para la variable velocidad de emergencia.**

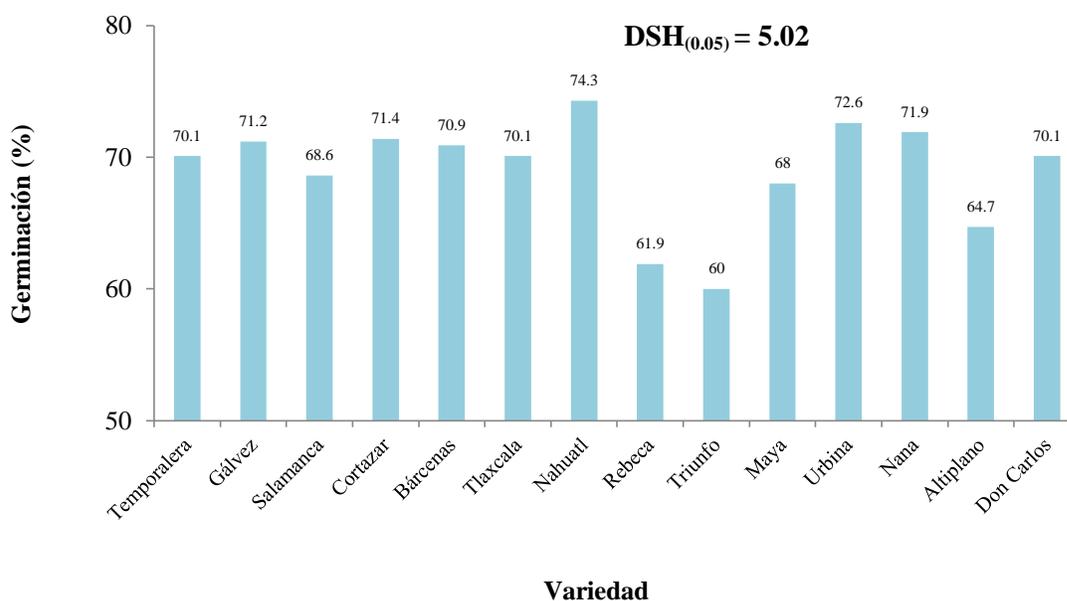
Localidad	Variedad																												
	TEMP		GAL		SAL		CORT		BÁR		TLAX		NÁH		REB		TRIU		MAY		URB		NANA		ALT		D CA		
	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
VELAZCO	3.47	2.93	3.76	4.21	3.92	3.93	3.02	3.83	3.41	3.75	3.28	3.47	3.81	4.07	2.35	2.63	2.91	3.05	3.60	3.42	3.81	4.08	3.75	3.87	2.72	2.57	3.03	3.72	
TEXCAL	2.74	1.85	2.74	2.29	1.62	2.43	2.13	2.90	2.40	2.50	2.79	2.80	2.31	2.67	2.57	2.72	2.08	1.84	2.29	2.88	2.52	2.45	2.83	3.20	2.22	2.41	2.74	2.73	
TERRENATE	2.24	2.12	3.13	2.48	2.07	2.35	1.83	2.71	2.02	2.32	2.60	3.25	2.34	2.83	1.02	2.52	2.42	1.43	2.19	2.38	2.39	2.52	1.74	1.86	1.98	2.14	2.26	2.24	
TENANGO	4.04	4.22	4.20	3.97	3.68	3.63	3.92	3.48	3.54	3.63	4.17	3.92	4.14	4.03	4.19	4.14	4.13	3.99	3.88	3.20	4.04	3.64	3.95	4.07	4.21	4.29	4.16	3.92	
SOLTEPEC	1.25	0.99	1.24	1.53	1.66	0.94	1.48	1.29	1.80	1.57	0.98	0.52	1.85	1.86	0.63	0.23	0.75	0.34	1.28	1.40	1.24	1.71	0.92	1.01	0.50	0.64	0.92	1.09	
SANTA LUCIA	2.95	2.60	2.79	3.15	2.90	2.31	2.58	2.13	2.67	2.57	2.67	2.71	2.59	2.48	2.43	2.16	2.47	1.21	2.64	3.11	2.56	2.50	2.65	2.66	2.95	3.12	2.12	2.66	
NANACAMILPA	4.27	3.80	3.87	3.36	2.76	2.51	3.42	3.17	3.63	3.75	3.15	2.89	3.78	3.23	3.87	2.97	3.62	2.15	3.76	3.51	3.38	4.08	3.82	4.11	3.74	3.38	3.97	4.08	
JUCHITEPEC	2.20	2.79	2.64	2.56	1.90	2.87	2.48	2.34	1.80	2.49	1.83	1.83	2.50	2.12	3.03	2.07	2.15	0.77	1.91	2.29	2.41	1.71	3.01	2.59	2.91	2.34	1.75	2.31	
HUAMANTLA	2.61	2.32	2.51	1.95	2.78	2.75	2.08	2.15	2.74	2.79	2.99	3.33	2.82	2.62	2.90	2.04	2.21	2.40	2.58	2.39	2.40	2.47	2.46	2.73	2.64	2.37	2.57	3.08	
COATEPEC	4.01	3.97	4.00	4.10	3.99	3.92	3.98	4.02	3.99	4.04	3.98	3.88	4.09	4.01	3.89	3.86	3.92	3.98	3.88	3.80	4.03	3.95	4.07	4.09	4.07	4.01	3.76	4.11	
CHIMALPA	2.29	1.96	3.11	2.82	3.19	3.12	3.03	3.02	3.36	2.12	2.85	2.35	2.90	2.63	0.88	1.10	2.48	2.15	2.54	2.61	2.66	2.89	2.47	2.10	2.01	1.27	2.16	3.29	

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 1.41**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

#### 4.2.2.2 Porcentaje de germinación

En el porcentaje de germinación en invernadero se tuvo diferencias significativas; donde la tendencia en esta variable fue semejante a la prueba de laboratorio, aunque con valores ligeramente inferiores. El promedio de las variedades en los 11 ambientes fue de 69 %, con un rango de 60 a 74.3 %, siendo Náhuatl F2000 la de mayor valor y Triunfo F2004 la más baja (Figura 22).



**Figura 22. Porcentaje de germinación de 14 variedades de trigo en la prueba en invernadero.**

Para el caso del comportamiento de la semilla en función de los ambientes en los que se determinaron, el promedio de las variedades fue de 69 % con un rango de 33.4 a 95.4 %; Coatepec, Tenango y Nanacamilpa fueron las localidades donde se tuvo mayor germinación, mientras que Soltepec y Juchitepec fueron las de los valores más bajos (Figura 23). El tratamiento de aplicación de fungicida superó sólo en 2% al tratamiento sin aplicación (Figura 24).

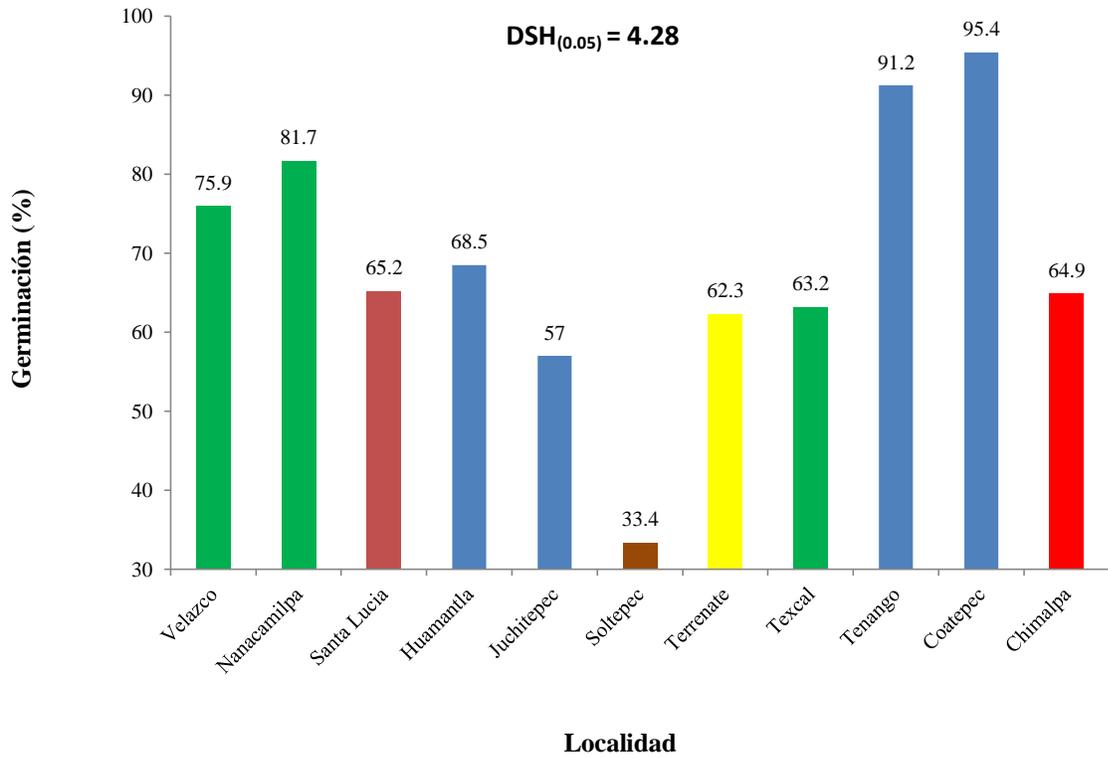


Figura 23. Porcentaje de germinación por localidad en la prueba de germinación.

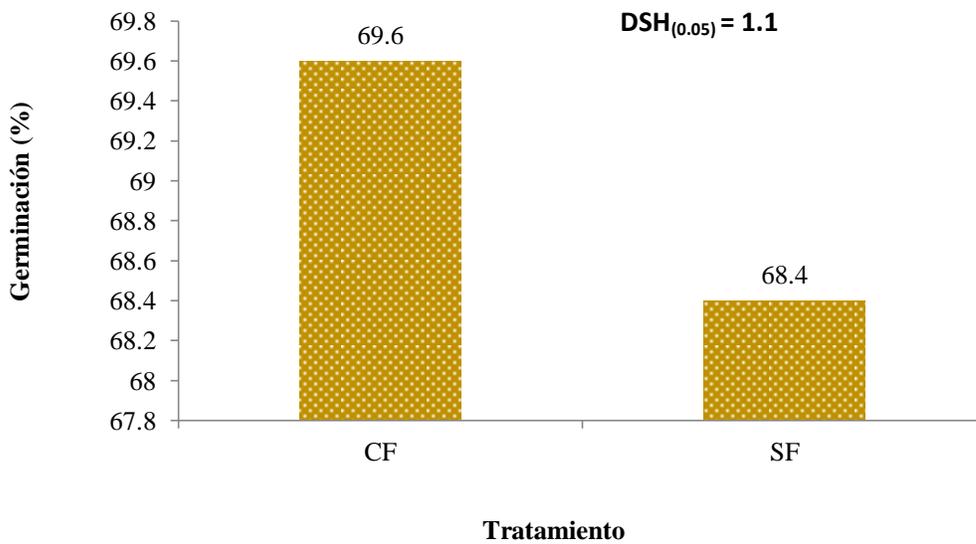


Figura 24. Efecto de la aplicación de fungicida (con y sin) en la variable porcentaje de germinación en invernadero.

En la interacción LOC\*VAR Coatepec presento en todas las variedades los valores más altos en germinación siendo Nana F2007 la del valor más alto (98.5%); además, en Tenango también se registraron valores superiores en comparación con las demás localidades, donde Rebeca F2000 obtuvo la mayor germinación, mientras que Salamanca S75 fue la del valor más bajo. Nuevamente Soltepec registró los valores más bajos, siendo Rebeca F2000 donde se dio el caso extremo, ya que la germinación fue sólo de 13 % (Cuadro 25).

**Cuadro 25. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR para la variable porcentaje de germinación en invernadero de 14 variedades de trigo.**

Variedad	Localidad										
	VEL	NANA	SL	HUAM	JUCH	SOL	TERR	TEX	TEN	COA	CHIM
SALAMANCA S75	86.5	62.0	65.0	73.3	56.0	36.0	65.0	51.8	87.0	93.5	78.0
TEMPORALERA M87	76.5	92.5	70.7	67.5	62.7	35.3	62.0	56.8	92.5	95.5	59.0
GALVEZ M87	83.0	80.5	68.7	56.5	62.3	40.0	70.3	60.5	90.0	97.0	74.7
CORTÁZAR S94	76.0	81.5	63.7	60.0	64.2	42.0	63.3	67.5	90.5	97.5	79.3
BÁRCENAS S2000	78.5	87.7	65.3	73.0	53.3	48.0	60.8	62.7	83.0	96.5	70.5
TLAXCALA F2000	77.0	74.5	66.7	81.3	47.3	23.2	76.7	69.0	93.0	94.5	68.0
NÁHUALT F2000	85.0	82.0	64.7	77.3	54.7	54.0	68.7	65.8	96.5	97.0	71.3
REBECA F2000	57.8	79.0	60.0	66.7	67.3	13.0	52.0	68.7	97.5	92.5	26.7
TRIUNFO F2004	65.5	69.2	50.0	64.0	36.0	17.3	53.3	51.0	95.0	95.5	63.3
MAYA S2007	75.5	84.5	71.5	62.3	50.3	37.0	60.7	64.7	83.0	91.5	67.3
URBINA S2007	85.5	87.5	66.3	67.0	51.3	45.3	70.5	64.0	90.5	95.5	73.5
NANA F2007	83.0	93.5	67.8	70.7	70.5	27.5	50.7	74.0	93.5	98.5	61.7
ALTIPLANO F2007	60.0	79.5	73.3	65.5	65.0	19.2	56.8	59.3	92.0	96.5	44.7
DON CARLOS "S"	73.0	90.5	59.3	74.0	56.3	29.7	60.8	69.5	92.5	94.5	71.2

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 21.5**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

La interacción LOC\*FUNG muestra que entre ambientes se tuvo un rango de 34.2 a 95.6 % de germinación con aplicación de fungicida, mientras que sin aplicación fue de 32.6 a 95.3 %, donde Coatepec tuvo los valores más altos con ambos tratamientos, en tanto que Soltepec presentó los valores más bajos. En general el tratamiento con fungicida superó al tratamiento sin fungicida en la mayoría de las localidades, excepto en Velazco, Terrenate y Texcal (Cuadro 26).

**Cuadro 26. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*FUNG para la variable porcentaje de germinación en invernadero.**

Localidad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
VELAZCO	74.1	77.8
NANACAMILPA	84.9	78.6
SANTA LUCIA	66.7	63.7
HUAMANTLA	68.9	68.1
JUCHITEPEC	57.8	56.1
SOLTEPEC	34.2	32.6
TERRENATE	60.6	63.9
TEXCAL	62.1	64.4
TENANGO	93.1	89.3
COATEPEC	95.6	95.3
CHIMALPA	67.1	62.8

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 6.8**

En la interacción VAR\*FUNG, las variedades Maya S2007, Salamanca S75 y Tlaxcala F2000 tuvieron un comportamiento similar en ambos tratamientos (con y sin fungicida), mientras que Temporalera M87, Gálvez M87, Bárcenas S2002, Náhuatl F2000,

Rebeca F2000, Triunfo F2004 y Altiplano F2007 mostraron mayor porcentaje de germinación en semilla obtenida con aplicación de fungicida, en tanto que con Don Carlos “S”, Nana F2007 y Urbina S2007 sin aplicación de fungicida la germinación fue mayor, lo que indica la resistencia de las variedades a las enfermedades foliares (Cuadro 27).

**Cuadro 27. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR\*FUNG para la variable porcentaje de germinación en invernadero.**

Variedad	Tratamiento de fungicida	
	Con	Sin
SALAMANCA S75	68.8	68.3
TEMPORALERA M87	73.6	66.6
GALVEZ M87	72.3	70.1
CORTÁZAR S94	70.9	71.9
BÁRCENAS S2000	71.2	70.5
TLAXCALA F2000	69.9	70.3
NÁHUALT F2000	74.8	73.8
REBECA F2000	62.6	61.3
TRIUNFO F2004	66.0	54.0
MAYA S2007	68.0	68.0
URBINA S2007	71.8	73.1
NANA F2007	71.6	72.3
ALTIPLANO F2007	66.1	63.3
DON CARLOS “S”	66.3	73.9
<b>DSH<sub>(0.05)</sub> = 7.9</b>		

En Coatepec la germinación supero el 95 % en promedio de las 14 variedades con ambos tratamientos de fungicida, lo que indica que esta región reúne condiciones favorables para la producción de semilla de alta calidad fisiológica (Villaseñor, 2009). Lo contrario ocurrió en ambientes críticos como Soltepec, donde se registró muy baja germinación alcanzando en promedio 33.3%. En ambientes favorables como Nanacamilpa y con variedades susceptibles como Salamanca S75 con la aplicación de fungicida fue 15 % superior en porcentaje de germinación al tratamiento sin fungicida; en tanto que, en variedades resistentes, como Don Carlos “S”, en esta misma localidad donde el tratamiento sin aplicación superó al de con aplicación de fungicida; sucediendo lo mismo en Huamantla, Coatepec, Chimalpa, Velazco, Santa Lucía y Juchitepec, lo que indica la importancia de la resistencia genética a enfermedades foliares, que se refleja en alta calidad de la semilla (Cuadro 28).

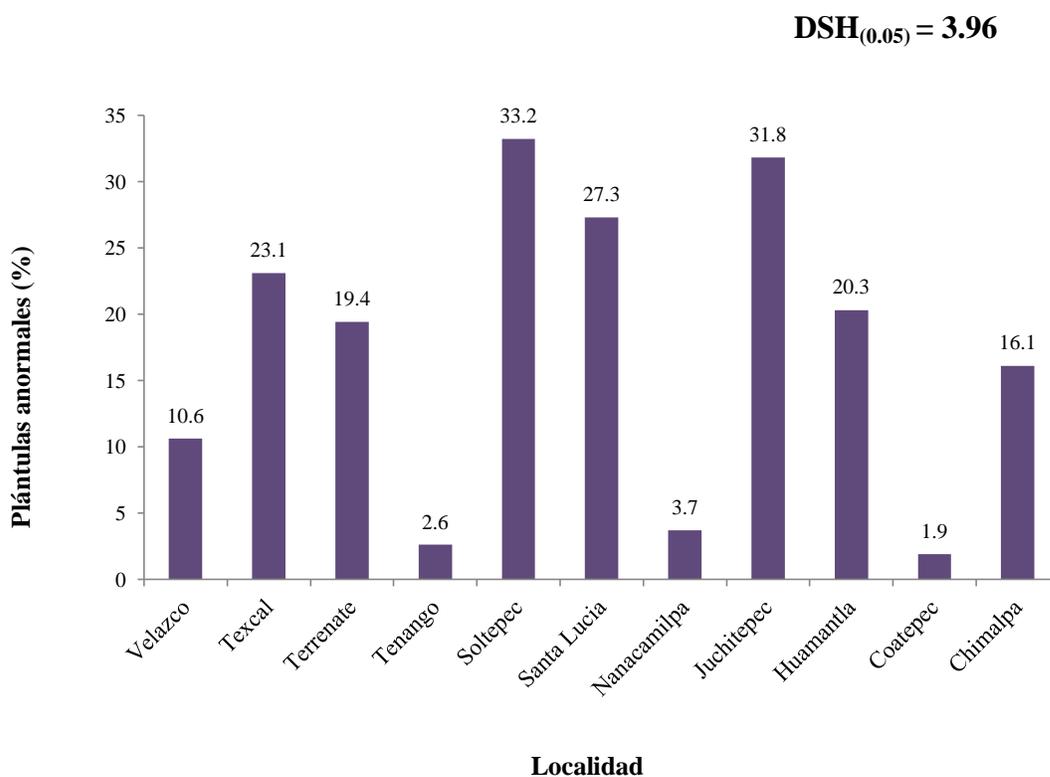
**Cuadro 28. Comparación de medias (Tukey, 0.05) en la interacción LOC\*VAR\*FUNG para la variable porcentaje de germinación de 14 variedades de trigo bajo condiciones de invernadero.**

Localidad	Variedad																												
	TEMP		GAL		SAL		CORT		BÁR		TLAX		NÁH		REB		TRIU		MAY		URB		NANA		ALT		D CA		
	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con	Sin	Con
VELAZCO	83	70	77	89	89	84	68	84	76	81	74	80	83	87	53	63	64	67	77	74	83	88	84	82	57	63	69	77	
TEXCAL	71	43	65	56	43	61	60	75	64	61	67	71	61	71	64	73	52	50	60	69	65	63	71	77	56	63	71	68	
TERRENATE	67	57	78	63	61	69	55	72	59	63	69	84	67	71	32	72	61	45	59	63	72	69	48	53	59	55	63	59	
TENANGO	92	93	93	87	87	87	95	86	82	84	95	91	97	96	98	97	96	94	92	74	93	88	95	92	94	90	94	91	
SOLTEPEC	39	32	35	45	47	25	47	37	52	44	29	17	52	56	18	8	25	9	35	39	39	52	24	31	13	25	25	34	
SANTA LUCIA	75	67	65	72	70	60	69	58	65	65	65	68	67	63	63	57	65	35	67	76	67	66	69	67	73	73	53	65	
NANACAMILPA	95	90	85	76	67	57	83	80	86	89	77	72	87	77	90	68	85	53	89	80	81	94	96	91	83	76	89	92	
JUCHITEPEC	56	69	63	62	47	65	67	61	47	60	43	52	57	52	79	56	54	17	46	55	56	47	73	68	72	58	50	63	
HUAMANTLA	72	63	62	51	72	75	59	61	72	74	80	82	80	75	76	57	61	67	63	62	64	70	68	73	68	63	68	80	
COATEPEC	97	94	97	97	95	92	97	98	96	97	96	93	97	97	92	93	94	97	94	89	97	94	99	98	97	96	90	99	
CHIMALPA	64	54	76	73	80	76	80	79	84	57	73	63	75	68	24	29	67	60	67	68	73	74	65	58	55	35	57	85	

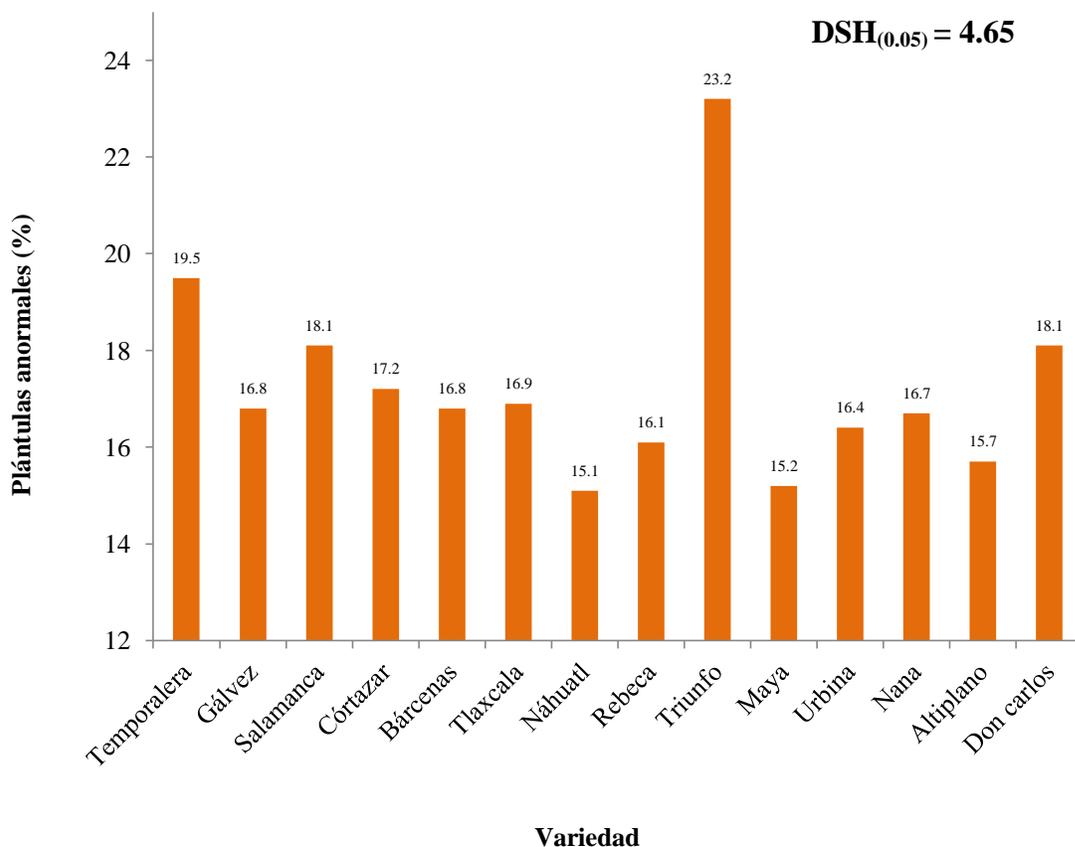
**DSH<sub>(0.05)</sub> = 30.45**

TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos "S".

En la variable porcentaje de plántulas anormales hubo diferencias significativas entre las localidades; con un rango de 1.9 a 33.2%; siendo Coatepec, Tenango y Nanacamilpa las que presentaron valores menores al 4%, en tanto que Soltepec, Juchitepec, Santa Lucía, Texcal y Huamantla tuvieron valores superiores al 20 % (Figura 25). De Igual manera hubo diferencias significativas entre variedades para esta variable, con un promedio de 17 %, donde Triunfo F2004 tuvo la mayor cantidad (23.2 %) mientras que Náhuatl F2000 y Maya S2007 fueron las de menor porcentaje (Figura 26).

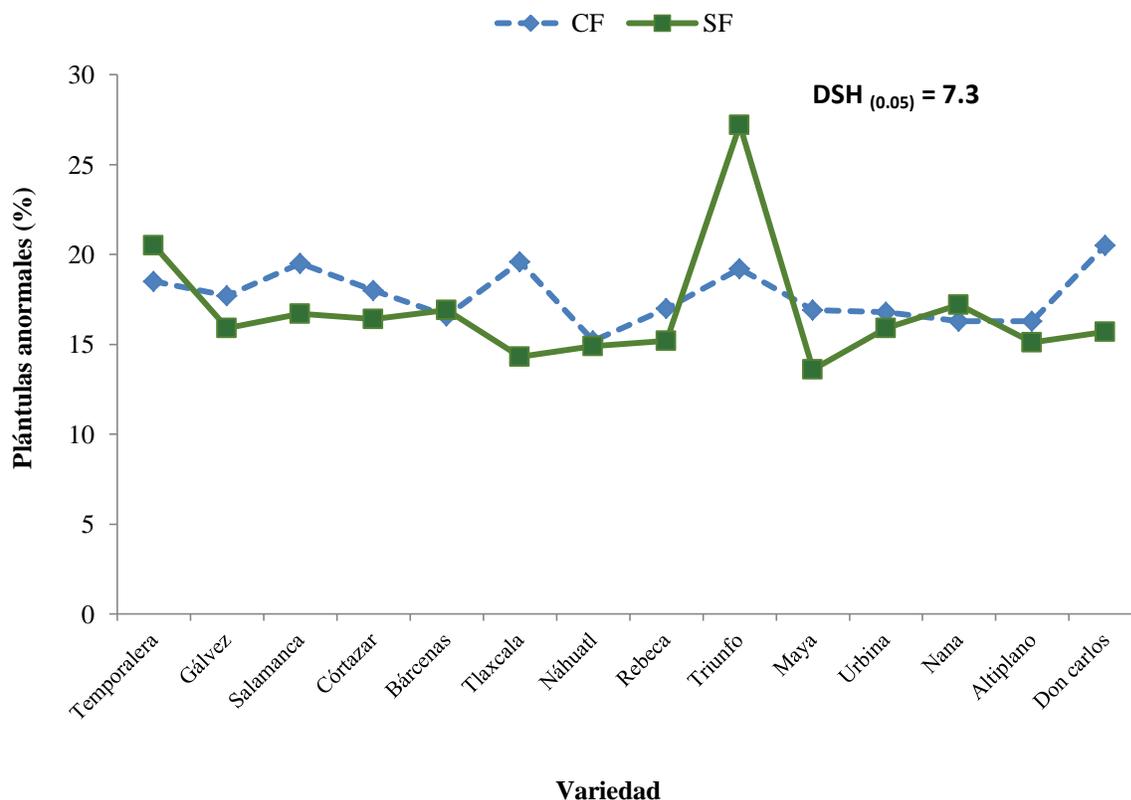


**Figura 25. Porcentaje de plántulas anormales por localidad en la prueba de germinación en invernadero.**



**Figura 26. Porcentaje de plántulas anormales por variedad en la prueba de germinación en invernadero.**

En la interacción VAR\*FUNG de manera general hubo más plántulas anormales con aplicación de fungicida, excepto con las variedades Temporalera M87, Triunfo F2004 y Nana F2007; en variedades como Bárcenas S2002, Náhuatl F2000 y Urbina S2007 se tuvo un número semejante en semilla obtenida con ambos tratamientos (Figura 27).



**Figura 27. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción VAR\*FUNG para la variable porcentaje de plántulas anormales.**

Asimismo, en la interacción LOC\*VAR la respuesta de las variedades a las condiciones ambientales fue diferencial, nuevamente Coatepec y Tenango registraron el menor valor en la mayoría de las variedades, mientras que en Soltepec se encontró el mayor valor (Cuadro 29), sin guardar un paralelismo en el comportamiento de las variedades.

**Cuadro 29. Comparación de medias de la interacción LOC\*VAR para la variable plántulas anormales en la prueba de germinación.**

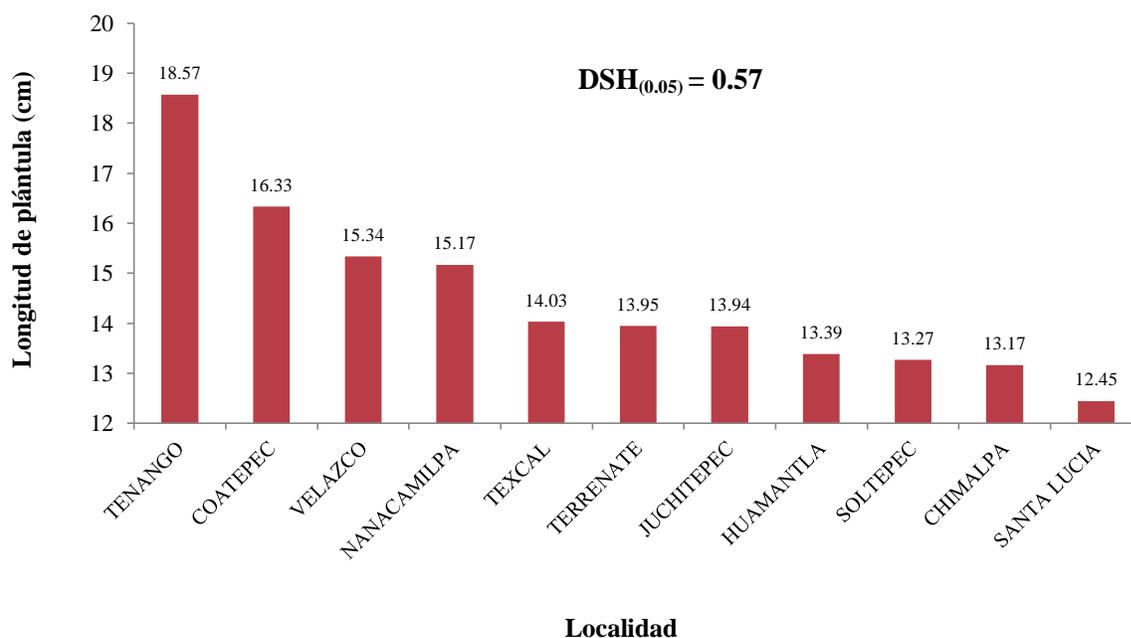
Localidad	Variedad													
	TEMP	GAL	SAL	CÓRT	BÁR	TLAX	NÁH	REB	TRIU	MAY	URB	NANA	ALT	DCA
VELAZCO	11.0	5.0	4.5	10.0	12.5	9.0	9.0	14.2	25.0	8.5	4.5	5.5	14.5	14.5
TEXCAL	32.2	27.0	28.3	20.0	25.7	19.5	23.5	17.3	30.8	12.8	23.3	21.3	22.0	20.2
TERRENATE	21.3	18.8	20.5	19.2	15.8	10.7	17.3	31.3	19.3	17.3	16.0	28.0	15.8	23.5
TENANGO	3.0	3.0	3.0	1.5	3.5	4.0	1.5	1.0	2.0	2.5	2.5	3.0	4.0	2.0
SOLTEPEC	44.7	34.0	38.7	33.3	30.8	40.2	18.7	26.0	37.3	28.5	31.5	35.5	30.7	35.2
SANTA LUCIA	24.0	28.7	30.5	28.0	29.3	25.3	31.3	24.0	38.7	24.5	27.8	23.2	18.7	28.0
NANACAMILPA	3.5	2.5	6.0	3.0	2.3	4.0	3.5	4.0	5.3	3.5	2.0	2.7	4.0	5.5
JUCHITEPEC	26.3	29.2	31.3	31.3	32.7	44.8	25.3	24.7	52.0	33.5	34.7	21.8	24.5	33.0
HUAMANTLA	23.0	24.5	19.3	30.5	15.7	13.3	16.7	13.3	25.3	19.5	23.0	20.7	22.5	16.2
COATEPEC	1.0	1.5	4.0	0.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.0	5.0	2.0	1.5	2.0	2.0
CHIMALPA	24.0	14.0	13.2	12.3	14.0	13.3	19.0	19.3	17.3	11.8	12.5	21.0	14.0	19.0

**DHS<sub>(0.05)</sub> = 19.87**

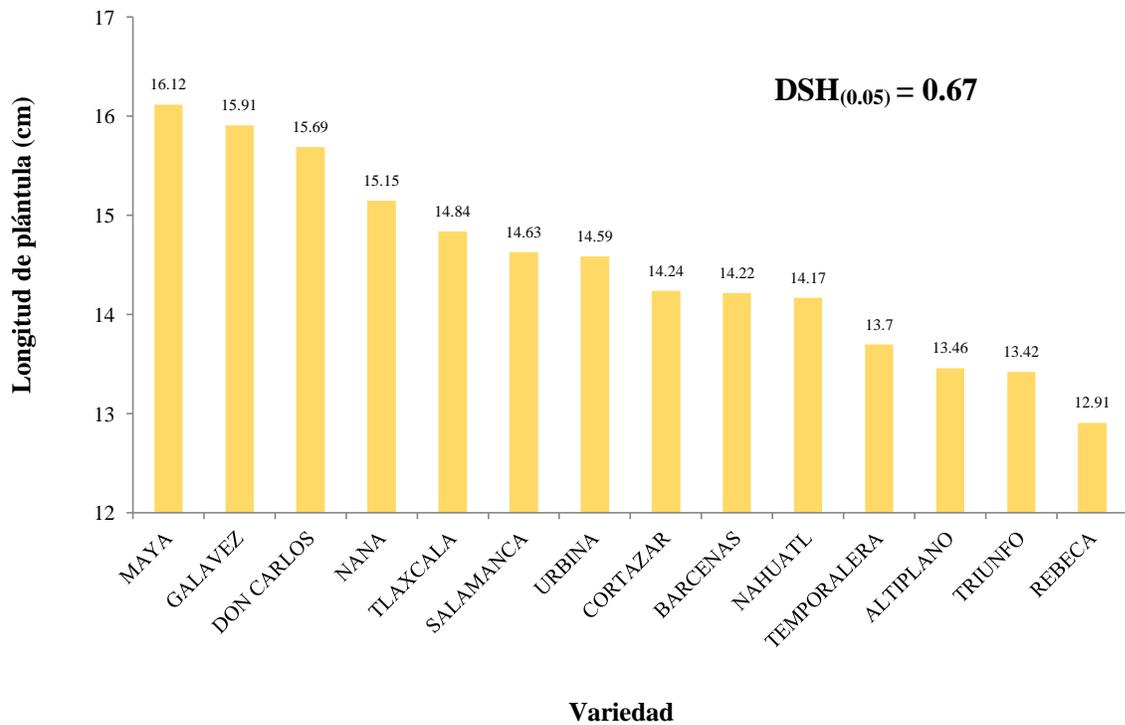
TEMP= Temporalera M87, GAL= Gálvez M87, SAL= Salamanca S75, CORT= Cortázar S94, BÁR= Bárcenas S2002, TLAX= Tlaxcala F2000, NÁH= Náhuatl F2000, REB= Rebeca F2000, TRIU= Triunfo F2004, MAY= Maya S2007, URB=Urbina S2007, NANA= Nana F2007, ALT= Altiplano F2007, DCA= Don Carlos

#### 4.2.2.3 Longitud de plántula

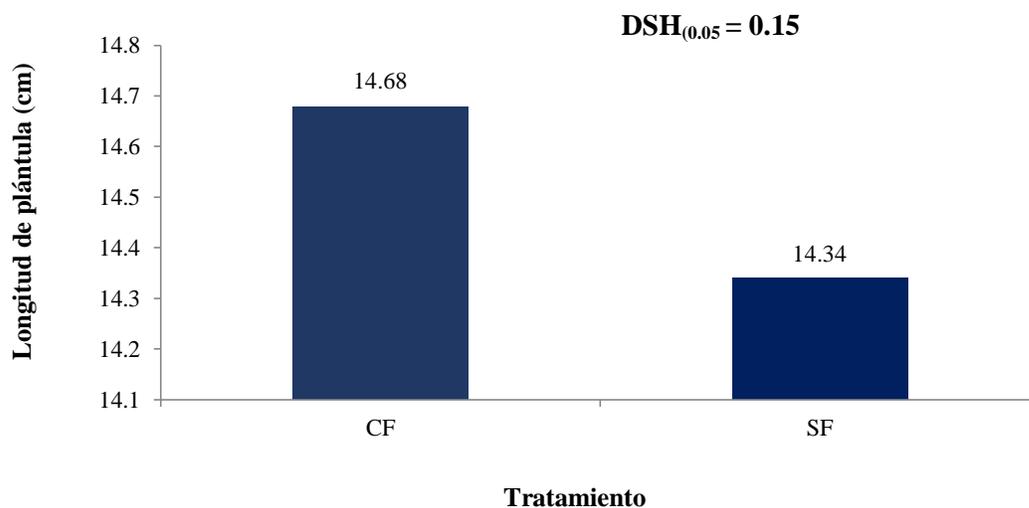
Las plántulas obtenidas de las semillas cosechadas en las localidades de Tenango y Coatepec registraron la mayor longitud de plántula, en tanto que las de Chimalpa y Santa Lucía fueron las de menor valor (Figura 28), mientras que Maya S2007, Gálvez M87, Don Carlos “S” y Nana F2007 presentaron valores superiores a 15 cm, en contraste con Temporalera M87, Altiplano F2007, Triunfo F2004 y Rebeca F2000 que registraron una longitud menor a 14 cm (Figura 29). Por otra parte, el tratamiento con aplicación de fungicida superó en promedio 3 % a la longitud de la plántula en el tratamiento sin aplicación de fungicida (Figura 30).



**Figura 28. Longitud de plántula de 14 variedades de trigo por localidad en la prueba de germinación.**



**Figura 29. Longitud de plántula de 14 variedades de trigo en la prueba de germinación.**



**Figura 30. Longitud de plántula promedio de 14 variedades de trigo tratadas con y sin fungicida.**

En la interacción LOC\*VAR el ambiente de producción influyó de manera significativa sobre la longitud de plántula en las variedades; así variedades como Nana F2007, Don Carlos “S” y Gálvez M87 tuvieron los valores más altos en Tenango (Cuadro 30). Las interacciones VAR\*FUNG y LOC\*VAR\*FUNG no tuvieron significancia estadística.

**Cuadro 30. Comparación de medias (Tukey, 0.05) de la interacción LOC\*VAR para la variable longitud de plántula de 14 variedades de trigo en 11 localidades.**

Variedad	Localidad										
	VEL	NANA	SL	HUAM	JUCH	SOL	TERR	TEX	TEN	COA	CHIM
SALAMANCA S75	15.4	14.3	12.9	13.5	13.6	14.2	14.0	14.0	17.5	16.6	15.0
TEMPORALERA M87	14.4	14.8	11.6	12.3	13.0	11.5	14.3	13.2	18.4	15.0	12.2
GALVEZ M87	16.9	16.4	13.6	14.3	15.2	14.4	15.8	15.0	20.1	18.2	15.1
CORTÁZAR S94	15.0	14.8	11.6	13.0	13.3	13.4	14.0	13.6	19.0	15.6	13.3
BÁRCENAS S2000	15.3	15.0	11.8	13.3	12.7	15.3	13.6	14.1	16.9	15.1	13.5
TLAXCALA F2000	16.4	16.2	12.8	13.9	14.2	12.5	14.1	14.6	17.9	16.9	13.8
NÁHUALT F2000	14.1	14.6	12.3	13.0	14.4	13.1	13.9	13.5	17.7	16.3	12.9
REBECA F2000	12.9	14.5	11.5	11.9	13.6	10.0	11.9	12.1	17.43	15.6	10.5
TRIUNFO F2004	14.7	13.8	11.7	12.5	13.1	11.2	12.2	13.4	17.9	15.1	12.1
MAYA S2007	17.2	16.6	14.1	15.7	15.4	16.6	15.6	15.3	19.8	17.6	13.5
URBINA S2007	16.2	14.9	12.5	12.7	13.8	14.8	14.0	14.2	17.8	16.2	13.6
NANA F2007	16.2	15.4	13.0	13.9	15.0	14.4	14.0	14.8	20.9	16.8	13.6
ALTIPLANO F2007	13.7	14.6	11.8	12.7	13.2	10.3	13.1	13.7	18.4	15.5	11.2
DON CARLOS “S”	16.4	16.7	13.3	14.8	14.7	14.2	14.9	15.1	20.4	18.1	14.0

**DSH<sub>(0.05)</sub> = 2.85**

VEL= Velazaco, NANA= Nanacamilpa, SL= Santa Lucia, HUAM= Huamantla, JUCH= Juchitepec, SOL= Soltepec, TERR= Terrenate, TEX = Texcal, TEN= Tenango, COA= Coatepec, CHIM = Chimalpa.

#### 4.2.2.4 Calificación inicial de vigor

El porcentaje de germinación es usualmente expresado sólo en base a plántulas normales (Bonny, 1987; Desai *et al.*, 1997). La fase más crítica de la prueba de germinación es la de una posible clasificación dentro de este parámetro (McDonald y Copeland, 1989). Por ello, en esta investigación, en forma visual se clasificaron las plántulas normales en cinco categorías para definir el vigor (Figura 31); donde las variedades Maya S2007, Gálvez M87 y Don Carlos “S” registraron 66.3, 64.4 y 60.2 % de plántulas muy vigorosas, respectivamente; mientras que Temporalera M87, Rebeca F2000, Triunfo F2004 y Náhuatl F2000 tuvieron, respectivamente los siguientes porcentajes 30.1, 29.3, 28.6 y 28.4 % (Figura 32). Como es de esperarse las variedades con semilla de muy alto vigor fueron las que presentaron menor número con bajo y muy bajo vigor. Por otra parte, las localidades con mayor porcentaje y con muy alto vigor fueron: Coatepec, Tenango y Nanacamilpa (Figura 33); en estas mismas localidades se expresó la mayor germinación. 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 (Figura 34).



A



B

**Figura 31. Calificación (A) de plántulas de trigo de acuerdo al vigor (B).**

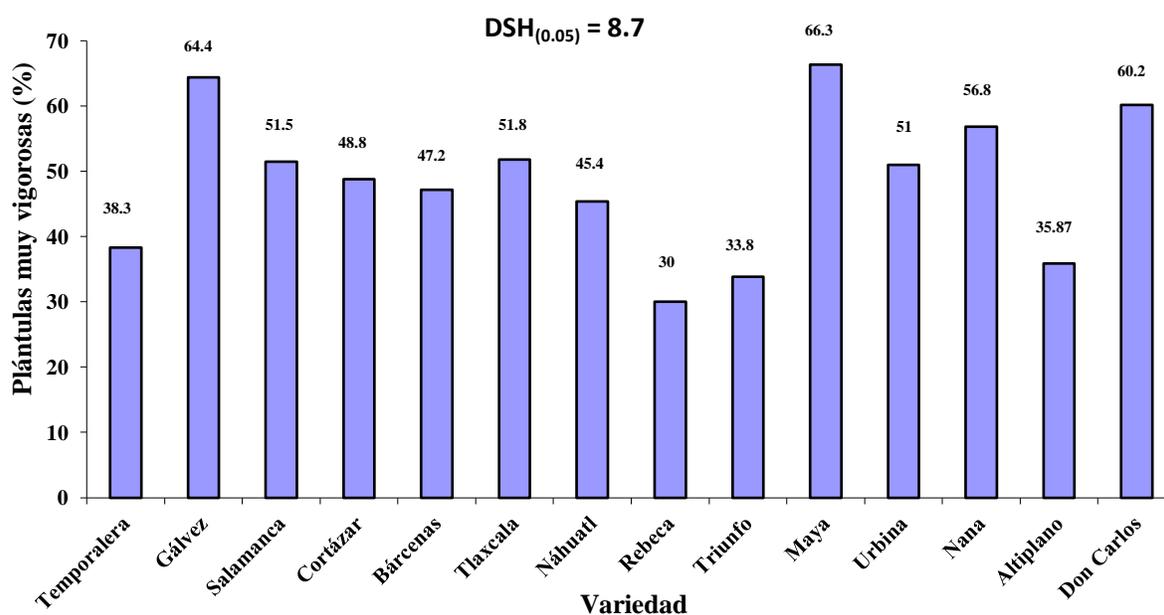


Figura 32. Porcentaje de plántulas clasificadas como muy vigorosas de 14 variedades de trigo en la prueba en invernadero

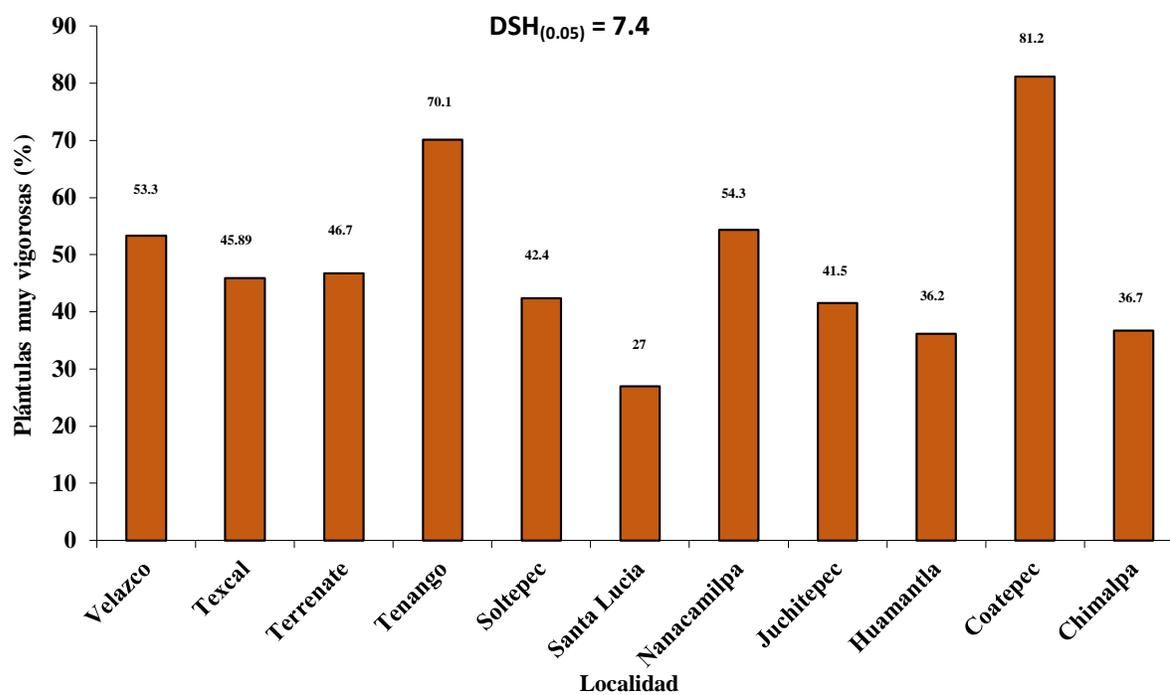
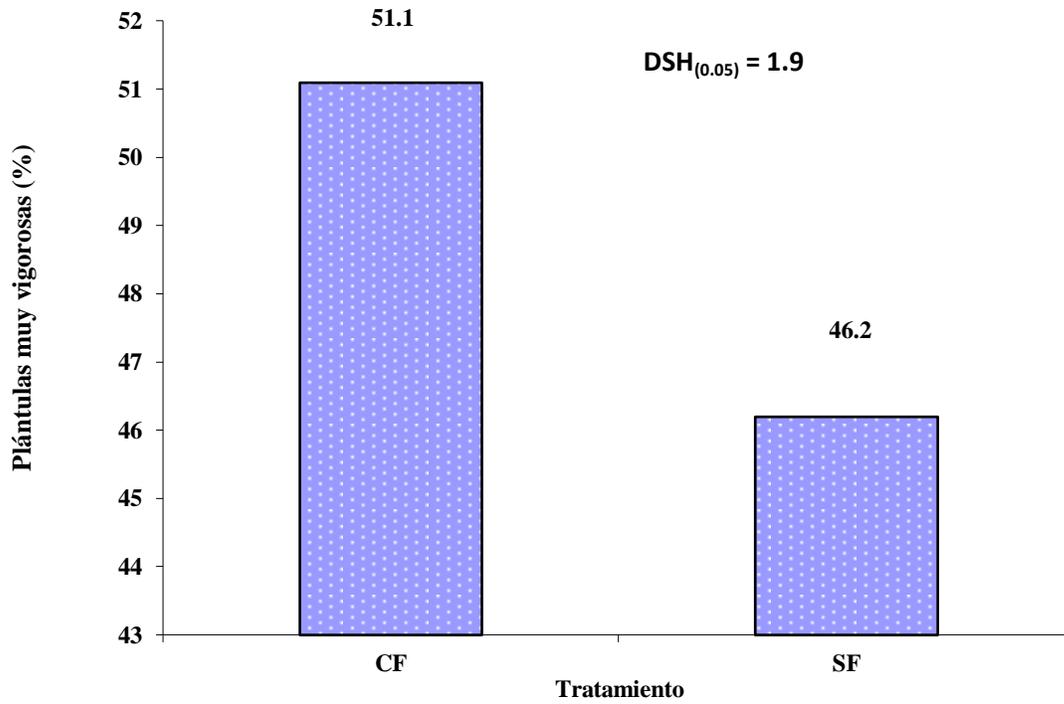


Figura 33. Porcentaje de plántulas clasificadas como muy vigorosas por localidad en la prueba en invernadero.



**Figura 34. Efecto de la aplicación de fungicida (con y sin) sobre el porcentaje de plántulas clasificadas como muy vigorosas en la prueba en invernadero.**

#### 4.2.2.5 Peso seco de plántulas

Para la variable peso seco de plántula 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. La semilla obtenida de las localidades de Coatepec y Tenango del Aire fueron las de mayor peso seco de plántula (Figura 35), en tanto que a nivel de variedad Maya S2007 y Don Carlos “S” presentaron el mayor peso seco por plántula (Figura 36). El

tratamiento con aplicación de fungicida superó al tratamiento sin fungicida en esta variable (Figura 37).

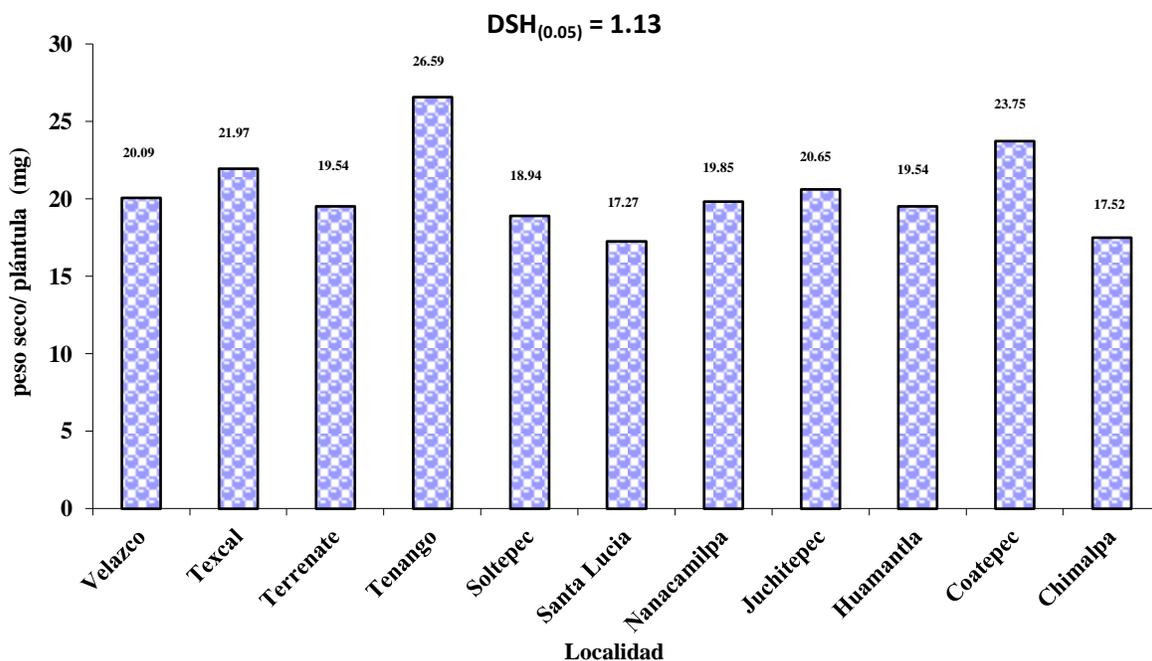


Figura 35. Peso seco de plántula de trigo por localidad en la prueba en invernadero.

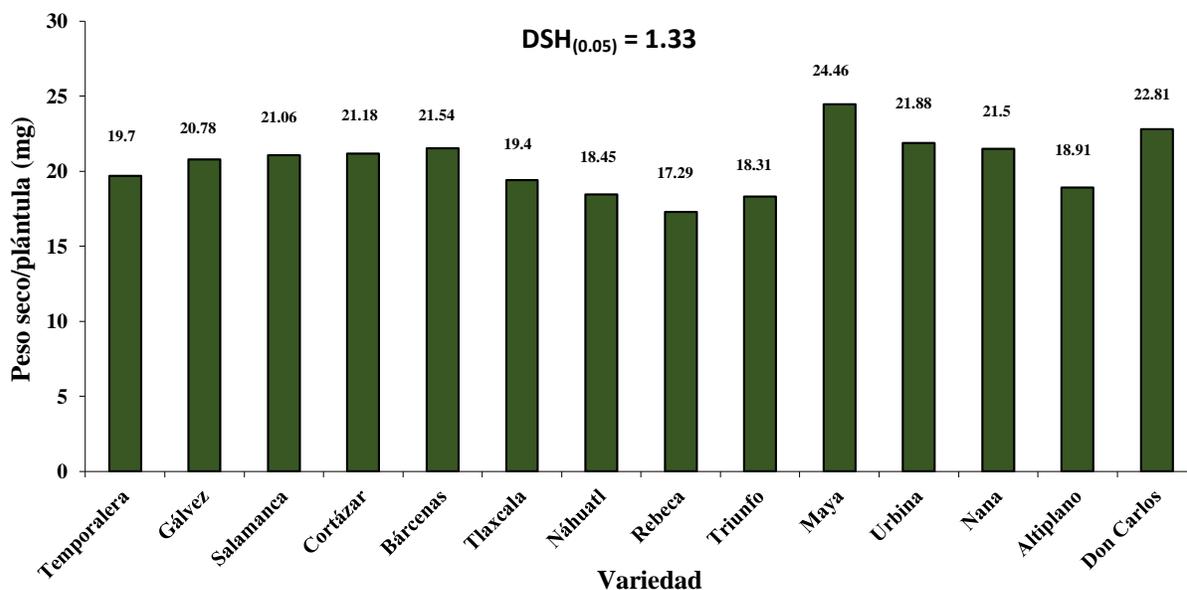
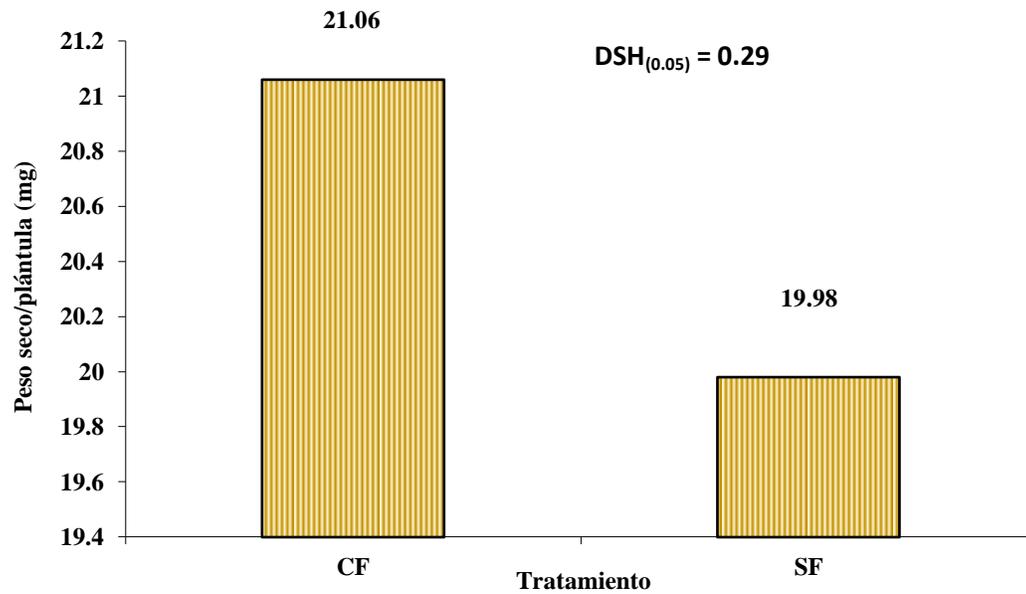


Figura 36. Peso seco de plántula de 11 variedades de trigo en la prueba de invernadero.



**Figura 37. Efecto de la aplicación de fungicida (con y sin) para la variable peso seco de plántula en la prueba de invernadero.**

## V. DISCUSIÓN GENERAL

En la evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla de 14 variedades de trigo obtenidas en 11 ambientes de producción y con dos tratamientos de fungicida, 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  $74.0 \text{ kg hL}^{-1}$ ; 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; concordando con lo reportado por Gutiérrez *et al.* (2006) quien mencionan un rango de 30.0 a 56.2 g.

El control de enfermedades foliares en el cultivo influyó de manera positiva en la calidad física de la semilla, ya que para todos los factores en estudio la aplicación de fungicida superó al tratamiento sin aplicación.

La variabilidad ambiental modificó los límites caracterizados en los principales parámetros de calidad descritos para cada variedad (Johansson *et al.*, 2002; Rharrabti *et al.*, 2003; Cuniberti *et al.*, 2004; Mortarini *et al.*, 2004). Aún en regiones geográficamente próximas, tanto los rendimientos como la calidad obtenidos, varían significativamente poniendo en un plano importante a los efectos del ambiente de producción, en la generación de tecnología (Carbajo *et al.*, 2001). En este estudio se corroboró que 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; en concordancia con lo que mencionan Borghi *et al.* (1995) y Stone y Savin (1999); destacando por su efecto positivo los ambientes donde, como lo señalan Villaseñor *et al.* (2009), la precipitación pluvial es mayor a los 600 mm anuales, regularmente bien distribuidos, los suelos son profundos y con buena retención de humedad, se presentan temperaturas bajas a finales de la estación de crecimiento y la humedad ambiental es alta. La problemática para el cultivo de trigo en las zonas temporaleras de la región de los Valles Altos son la incidencia de enfermedades fungosas causadas por los géneros *Puccinia* spp., *Helminthosporium* spp., *Septoria* spp y *Fusarium* spp., retraso del temporal y presencia de heladas tempranas; aunque cabe señalar que este tipo de condiciones son las menos frecuentes y más bien se caracterizan porque las variedades expresan alto potencial de rendimiento, lo cual se refleja en la calidad final de la semilla como fue el caso de las localidades mencionadas como sobresalientes para la expresión de una buena calidad en la semilla.

Es de señalar que el peso volumétrico guardó estrecha relación con el volumen y la densidad, así como con las características de espesor y anchura de la semilla; acorde a lo que reportan Rodríguez *et al.* (2011); quienes señalan que en variedades de trigo existe un alto grado de asociación entre el peso de 1000 semillas y el peso volumétrico, donde en particular, aquellas variedades 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>. Sin embargo, en localidades donde las condiciones ambientales no fueron favorables debido a la presencia de heladas, como Soltepec y

Chimalpa, la calidad física y fisiológica se vio afectada y por lo tanto se reflejó con bajo peso y densidad de la semilla.

Los ambientes cuyas condiciones son críticas, influyen en la baja calidad de la semilla; toda vez que, como lo menciona Villaseñor *et al.* (2009), la problemática a la que se enfrenta el cultivo en estas regiones es la sequía en diferentes etapas de crecimiento, incidencia de roya de la hoja y heladas tempranas. Predomina en las áreas temporaleras de México y es en ellos donde el cultivo tiene más proyección; por lo que no son recomendables para la producción de semillas toda vez que la calidad física y fisiológica que se obtiene es baja.

Los atributos de calidad como germinación, pureza, sanidad, y contenido de humedad determinados en muestras de semillas en laboratorio (Kelly, 1988), permiten establecer que un alto peso volumétrico, están asociados con semillas sólidas y pesadas, como ocurrió con Tlaxcala F2000, Rebeca F2000, Triunfo F2004 Nana F2007, Altiplano F2007 y Don Carlos “S” en las localidades de Coatepec, Tenango y Juchitepec.

Con base en lo anterior, 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 muestra la interacción de segundo orden LOC\*VAR\*FUNG.

La calidad fisiológica de la semilla se determinó mediante las pruebas de germinación en laboratorio y la prueba de vigor en invernadero. Es de mencionar que en el caso de trigo la germinación se optimiza poco antes de madurez fisiológica, mientras que el máximo vigor se expresa justo en esta etapa (Tekrony *et al.*, 1997). Para la evaluación de plántulas se

tomó en consideración lo recomendado por Peretti (1994), Moreno (1994) e ISTA (2005), donde se consideraron como plántulas normales aquellas que presentaron un sistema radicular y eje embrionario bien desarrollados, así como hojas primarias verdes.

Las localidades cuyas semillas mostraron mayor expresión de germinación fueron Tenango, Huamantla, Juchitepec y Coatepec, las cuales con un 85% no presentaron diferencias entre sí, siendo las de mayor germinación; mientras que las semillas obtenidas en Terrenate, Chimalpa y Soltepec fueron las de menor expresión en este carácter al alcanzar sólo 63, 50 y 35 %, respectivamente (Figura 8).

Las variedades Temporalera M87 y Cortázar S94 registraron el mayor poder germinativo, el cual se relacionó con su comportamiento en campo, y en particular donde las condiciones agroclimáticas fueron favorables, ya que permitió mayor germinación de la semillas y bajo porcentaje de plántulas anormales y semillas muertas.

En ambas pruebas (invernadero y laboratorio) se registró una tendencia semejante. La germinación en invernadero tuvo un rango de 60 a 74.3 %, donde Náhuatl F2000 fue la de mayor valor y Triunfo F2004 la más baja (Figura 19). 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 %. Coatepec, Tenango y Nanacamilpa fueron las localidades donde se tuvo mayor germinación de la semilla, mientras que Soltepec y Juchitepec fueron las de los valores más bajos (Figura 20).

La longitud de plántula se aprecia que está determinada por la variedad, el ambiente de producción y el manejo agronómico; así variedades con alto vigor de germinación como Gálvez M87 que lo refleja también en la velocidad de emergencia, expresada en ambientes

con condiciones favorables como Coatepec y Tenango del Aire dan lugar al mejor desarrollo de las plántulas normales, que a su vez se refleja en mayor longitud de la plántula, caso contrario sucede en ambientes críticos donde se reduce la germinación y se incrementa el número de plántulas anormales, por lo tanto, también se ve afectada la longitud de la plántula.

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

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

En la interacción LOC\*VAR\*FUNG los datos obtenidos 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.

## VI. CONCLUSIONES

1. 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.
2. 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.
3. En los ambientes de condiciones favorables se tuvo un incremento en la calidad fisiológica de la semilla en términos de mayor germinación, velocidad de emergencia, longitud de plántula y peso de materia seca en comparación con los ambientes críticos.
4. 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 plántula y peso seco; lo que permite ubicar ambientes en los que las variedades logran una expresión óptima de calidad en la semilla.
5. La aplicación de fungicida redujo la pérdida de calidad física y fisiológica, aunque este efecto sólo se dio en condiciones donde no se presentaron enfermedades foliares en campo, así como con la resistencia de las variedades.

6. 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 plántula y materia seca obteniéndose semilla de mayor calidad física y fisiológica.

## VII. LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A. A., Anderson, J. D. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds In Seed biology v.2 Ed. By T.T. Koslowski. New York, Academic Press pp. 283-315.
- 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, México. 98 p.
- AOSA (Association of Official Seed Analysts). 1983. Seed vigour testing handbook. Contribution No. 32 to the handddbook on seed testing. 88 p.
- Banco Mundial. 2012. Informe sobre el desarrollo mundial 2012. El Estado en un Mundo en Transformación, Banco Mundial, Washington. 20 p.
- Bass, L. N.1980. Seed viability during long-term storage. Hort.Rev. 2:117-141.
- Bishaw, Z., Niane, A. A., Gan, Y. 2007. Quality Seed Production. S.S. Yadav et al. (eds), In: Lentil: An Anciet Crop for Modern Times. Springer. Holanda pp 349-383.
- Borghi, B., Corbellini, M., Ciaffi, M., Lafiandra, D., De Stefanis, E., Sgrulleta, D., Boggini, G., Di Fonzo, N. 1995. Effects of heat shock during grain filling on grain quality of bread and durum wheat. Aust. J. Agric. Res. 46 (7): 1365-1380.
- Bonny, L. 1987. Seed germination test methods used for Australian tree species at coffs harbour research centre. Technical Paper No. 39. Forestry Commission of New South Wales. Australia. 38 p.

- Brauer, A., Frank, A. B. and Black, A. L. 1985. Estimation of spring wheat dry matter assimilation from air temperature. *Agron. J.* 77: 743-752.
- Bustamante, L. 1983. Semillas. Control evaluación de su calidad. In: Memorias de curso actualización sobre tecnología de semillas. 1982 universidad Autónoma Antonio Narro. AMSAC. México. pp. 99-106.
- Carbajo, H. L., Gualati, A., Jensen, C. y Loewy, T. 2001. Áreas de cultivo. Capítulo I. págs.13 -15. En: Trigo Candeal, Manual Técnico. Editado por la Chacra Experimental Integrada Barrow (Convenio MAG y AI-INTA). 98 p.
- Carballo, C., A. 1993. La calidad genética y su importancia en la producción de semillas. In: situación actual de la producción, investigación y comercio de semillas en México. Mendoza, O. L. E., E. Fabela., P. Cano R y J. H. Separza M. (eds). SOMEFI. Chapingo, México. pp. 80-101.
- Castañeda, S. M. C., Cándido, L. C., Colinas, D. M. T., Molina, M. J., y Hernández, L. H. 2009. Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Revista interciencia.* 34 (4): 286-292.
- Copeland, L. O. and McDonald, M. B. 1995. Principles of seed Science and Technology. Third edition. Chapman and Hall. New York, USA. 409 p.
- Copeland, L. O. and McDonald, M. B. 2001. Principles of seed Science and Technology.4<sup>th</sup> Klower Academic Publischer, E.U.A. 467 p.
- Corbineau F. 2012. Marks of seed quality: from present to future. *Seed Science Research.* 22: S61-S68.

- Cuniberti, M., Riberi, L., Vanzetti, L., Nisi, M., Masiero, B., Helguera, M. 2004. Relación entre proteínas de reserva y la calidad industrial del trigo para distintos usos industriales. Actas del VI Congreso Nacional de trigo. Bahía Blanca. pp. 304-305.
- 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. P y A. F. Nelly (eds) Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. pp: 47-99.
- Desai, B. B., P. M. Kotecha and D. K. Salunkhe. 1997. Seeds handbook: biology, production, processing, and storage. Marcel Dekker, Inc. New York. 627 p.
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W. 2008. *InfoStat, versión 2008*, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 336 p.
- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*. 31 (1): 74-85.
- Dornbos, D. L., Müllen, R. E., Shibes, R. M. 1989. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. *Crop Sci*. 29: 476-480.
- Dornbos, D. L. and Müllen, R. E. 1991. Influence of stress during soybean seed fill on seed weight, germination and seedling growth rate. *Can. J. Plant Sci*. 71: 373-383.
- Dornbos, D. L. Jr. 1995. Seed Vigour. *In*: Seed quality: basic mechanisms and agricultural implications A. S. Barra (ed.) Food Products Press. New York, U.S.A. pp: 45-80.

- Ellis, R. H. 1992. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Reg.* 11: 249-255.
- FAO. 1985. Procedimiento de semillas de cereales y leguminosas de grano; directrices técnicas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma. pp. 19-21.
- FAO. 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. pp. 1-9.
- Franca, N. J. B., Krzyzanowski, F. C., Henning, A. A., West, S. H., 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.
- Garay, E. A. 1989. La calidad de la semilla y sus componentes. Memorias del primer curso avanzado sobre sistemas para pequeños agricultores. CIAT. Mayo 15-junio 23. Cali, Colombia. pp. 2-11.
- Gan, Y., Stobbe, E. H., Moes, J. 1992. Relative date of wheat seedling emergence and its impact on grain yield. *Crop Sci.* 32: 1275-1281.
- Gharoobi, B. 2011. Effects of seed size on seeding characteristics of five barley cultivars. *Iranian Journal of Plant Physiology.* 1(4): 265-270.

- Ghassemi G. K., Soltani, A., 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. Seed germination and seedling vigor. *Can. J. Plant Sci.* pp: 821-829.
- Gutiérrez, G. A. S., Aquiles, C. C., Mejía, C. J. A., Trethowan, R., Villaseñor, M. H. E. 2006. *Rev. Agricultura Técnica en México.* 32 (1). pp. 45-55.
- Heatherly, L.G. 1993. Drought stress and irrigation effects on germination of harvested soybean seed. *Crop Sci.* 33: 777-781.
- Hilhorst, H. W. M. 2011. Standardizing Seed Dormancy Research. *In: Allison, R. Kermodé (ed.), Seed Dormancy: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology.* 773: 43-52
- IERAL (Instituto de Estudios sobre la Realidad Argentina y Latinoamericana). 2012. “La Transformación del trigo y las cadenas agroindustriales”, Documento de Trabajo N° 40, Noviembre 2005.
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). 2002. Sanidad y Curado de las semillas. Estación Experimental Parana. Ruta 11, Km. 12.5 (3101), Oro Verde, Entre Ríos Argentina. En línea: [http: www.inta.gob](http://www.inta.gob). Consultado 27 de junio de 2014.
- ISTA (International Seeds Testing Association). 2005. International Rules for Seed Testing, Rules. Zurich. Switzerland. 243 p.

- Johansson, E. 2002. Effect of two wheat genotypes and Swedish environment on falling number, amylase activities and protein concentration and composition. *Euphytica* 126:143-149.
- Kelly, A. F. 1988. *Seed Production of Agricultural Crops*. Longman Scientific and Technical, John Wiley and Sons. Inc. New York, U.S.A. 227p.
- Lin, T. Y., Markhart, A.H. 1996. *Phaseolus acutifolius* a gray is more heat tolerant than *P. vulgaris* L. in the absence of water stress. *Crop Sci.* 36: 110- 114.
- Line, R. F., and Chen, X. 1995. Successes in breeding and managing of durable resistance to wheat rust. *Plant Dis.* 79(12):1254-1255.
- Lopez, C. C., Richards, R. A. 1998. Variation in grain growth and remobilization of stem reserves among temperate cereals. Combined *42nd Annual ASBMB /38th Annual ASPP /20th Annual NZSPP Conferences*. Adelaide, Australia. POS-273.
- Loss, E. 2005. Symptoms of frost damage in cereals. Department of Agriculture and Food. Government of Western Australia. [http://www.agric.wa.gov.au/PC\\_92059.html](http://www.agric.wa.gov.au/PC_92059.html). Consultado el 27 de junio 2014.
- Marcos, Filho J. 1994. Utilizaçao 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 Science & Technology* 13:601-628.

- McDonald, M. B. and Copeland, L. O. 1989. Seed Science and Technology: Laboratory Manual. Iowa State University Press / Ames. 231 p.
- Moreno, M. E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología, UNAM. México. 393 p.
- Moreno, G. R., Rodríguez P. E., Huerta E. J. Villaseñor M. H. E. 1989. Gálvez M87, variedad de trigo para temporal y riego restringido. Folleto técnico No. 14. INIFAP. Campo Experimental Valle de México. (<http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1756/GALVEZ%20M87%20VARIEDAD%20DE%20TRIGO%20PARA%20TEMPORAL%20Y%20RIEGO%20RESTRINGIDO%20NO.14.pdf>). Consultado el 29 de Octubre 2014.
- Moreno, M. E. 1993. Tratamiento químico de las semillas para el combate de los hongos. UNAM. Instituto de Biología. México., D. F. 68 p.
- Mortarini, M., Perelman, S. y Miralles, D. 2004. Calidad industrial del trigo: interacción genotipo x ambiente. Actas del VI Congreso Nacional de trigo. Bahía Blanca. pp 304-305.
- NMX-FF-036-1996. Productos alimenticios no industrializados, cereales, trigo. (*Triticum aestivum* L y *Triticum durum* desf.). Especificaciones y métodos de prueba.
- Obrador, J. R. 1982. Deterioración fisiológica de las semillas. Simiente 52. (1): 1-8.

- Ospina, Y. J. P., López, M. N., y Guzmán P. O. A. 2013. Efecto del potencial hídrico en la germinación de semillas de trigo (*Triticum* spp.) con tolerancia y sensibilidad a la sequía. *Revista Agronomía*. 21(1):37-47.
- Popinigis, F. 1977. *Fisiología de Semientes*. Ministeria da Agricultura. AGIPLAN, Brasilia Brasil. pp: 157-233.
- Pasin, N. H., Santos F., Santos, M. 1991. Performance of bean seeds derived from plants subjected to water stress at two growth stages. *Pesq. Agropec. Bras*. 26: 183-192.
- Peretti, A. 1994. *Manual para análisis de semillas*. Ed. Hemisferio sur. Buenos Aires. Argentina. 281 p.
- Perry, D. A. 1981. Methodology and application of vigour test. *In: Perry, DA. ed. Handbook of vigour test methods*. International Seed Testing Association. Zurich, Switzerland. pp. 3-7.
- Rharrabti, Y., Royo, C., Villegas, D., Aparicio, N. and Garcia del Moral, L. F. 2003. Durum wheat quality in Mediterranean environments. I. Quality expression under different zones, latitudes and water regimes across Spain. *Field Crop Research* 80 (2): 123-131.
- Roca, C. 2003. Calidad de semilla en el cultivo de soja. *In: El libro de la soja*. AAPRESID-CREA. pp. 249-253.
- Rodríguez, G. M. F., Huerta, E. J., y Villaseñor, M. H. E. 2008. Virulencia de *Puccinia striiformis* f. sp. *Tritici* en los Valles Altos de México en 2005. *In XXIII Congreso Nacional y II Internacional de Fitogenética*. Chapingo, Méx. P. 217.

- Rodríguez, G. M. F., Huerta, E. J., Villaseñor, M. H. E., y Solís, M. E. 2010. Virulencia de la roya amarilla del trigo en las principales zonas productoras en México. *Agricultura Técnica en México* 35(2): 179-187.
- 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. Agroecosyt.* 14 (2): 543-558.
- Schoberlein, W., Bettac, E., and Matthies, H. 1993. Influence of harvest conditions and post-harvest treatment in cereal seed production on germination, seed vigour and grain yield. *Kuhn-Archiv.* 87: (1) 31-41.
- Sing, R. P., Huerta, E. J., and Roelfs, A. P. 2002. The wheat rusts. *In: B. C. Curtis, S. Rajaram, and Gomez, H. MacPherson (eds) Bread wheat.* FAO. pp 227-249.
- Sing, R. P., Huerta, E. J., and William, H. M. 2005. Genetics and breeding for durable resistance to leaf and stripe rusts in wheat. *Turk J. Agric. For.* 29:121-127.
- Solís, M. E., Salazar, Z. A., Navarro, S. J. 1996. Cortázar S94; Nueva variedad de trigo harinero para El Bajío. Folleto Técnico Num. 2. SAGAR, INIFAP, CEBAJ. Celaya, Gto., Méx. 20 p
- Solís, M. E., Salazar, Z. A., Huerta, E. J., Villaseñor, M. H. E., Espitia, R. E. y Ramírez R. A. 2003. Bárcenas S2002; Nueva variedad de trigo harinero para El Bajío. Folleto Técnico Num. 1. SAGARPA, INIFAP, CEBAJ. Celaya, Gto., Méx. 24 p

- Stone, P. J. and Savin, R. 1999. Grain quality and its physiological determinants. pp 85-120. *In*: E.H. Satorre y G. A. Slafer (eds) *Wheat: Ecology and Physiology of Yield determination*. Food Product Press, New York, USA. pp. 85-120
- Solís, M. E., Huerta, E. J., Villaseñor, M. H. E., Ramírez, R. A. y Pérez, H. P. 2008. MAYA S2007: Nueva variedad de trigo harinero para la región “El Bajío”, México. *Agricultura Técnica en México*. 34 (3): 365-370.
- Solís, M. E., Huerta, E. J., Pérez, H. P., Ramírez, R. A., Villaseñor, M. H. E., Espitia R. E. y Borodanenko, A. 2008a. URBINA S2007: Nueva variedad de trigo harinero para la región ‘El Bajío’. *Agric. Téc. Méx.* 34 (1):113-118.
- Thakur, P. S., Kumar, J.A. Malik, J. D. Berger, and Nayyar, H. 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: An overview. *Environmental and Experimental Botany*. 67: 429-443.
- Tekrony, D. M. and Egli, D. B. 1997. Relationship of seed vigor to crop yield a review. *Crop Sci*. 31: 816-822.
- Thomson, J. R. 1979. *Introducción a la tecnología de las semillas*. Trad. Del inglés por P. Melgarejo. Ed. Acriba. Zaragoza, España. 301 p. Moreno, M. E. 1993. *Tratamiento químico de las semillas para el combate de los hongos*. UNAM. Instituto de Biología. México., D. F. 68 p.
- U.S.D.A. 2012. *Grains Survey Staff. World grain production United States Department of Agriculture (USDA)*. Natural resources conservation service u.s. department of agriculture. Appendix c.

- United States Department of Agriculture (USDA)-Foreign Agriculture Service (FAS). 2008. Market and trade data. <http://www.fas.usda.gov/data.asp>. Consultado el 14 de noviembre 2012.
- Valadez, R. 1991. La calidad de semilla de maíz bajo condiciones de manejo en distintas etapas del periodo de llenado de grano. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México. 74 p.
- Valenzuela, P. A.; Martínez, B. A.; Medina, V. A. y García, M. L. 1995. Producción de semillas de trigo en el Valle de Mexicali, B. C. y San Luis Río Colorado, Sonora. Folleto técnico Núm. 8. INIFAP, CIRNO-CEMEXI. 40 p.
- Villaseñor, M. H. E., Espitia, R. E., Huerta, E. J., González, I. R., Solís, M. E. y Peña, B. J. 2004. Rebeca F2000, Nueva variedad de trigo para siembras en temporales favorables e intermedios en México. *Rev. Fitotec. Mex.* 27 (3):285 – 287.
- Villaseñor, M. H. E., Huerta, E. J., María, R. A. Espitia, R. E. Limón, O. A., y Rodríguez, G. M. F. 2007. Variedades de trigo para siembras de temporal en el estado de Tlaxcala. Folleto técnico No. 30. INIFAP, CIRCE. Sitio Experimental Tlaxcala. 33 p.
- Villaseñor, M. H. E., Huerta, E. J., Pérez, H. P., Rodríguez, G. M. F. Martínez, C. E., Hortelano, S. R., y Espitia, R. E. 2009. La investigación de trigo en el Campo Experimental Valle de México: Historia y aportaciones. *In: Reseña Histórica.*

66 años de investigación al servicio de México 1943-2009. Publicación especial  
Num. 1. INIFAP, CIRCE Campo Experimental Valle de México. pp 19-31.

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. Folleto técnico No. 50. INIFAP, CIRCE. Sitio  
Experimental Tlaxcala. 34 p.

Villaseñor, M. H. E., Huerta, E. J., Espitia, R. E., Solís, M. E., Osorio, A. L., Ireta, M. J.,  
Pérez, H. P. 2014. Altiplano F2007, Nueva variedad de trigo para siembras de  
temporal. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7: 1355-1361.

Villaseñor, M. H. E., Espitia, R. E., Huerta, E. J., Solís, M. E., Ireta, M. J., Osorio, A. L.,  
Pérez, H. P. 2014a. Nana F2007, cultivar de trigo para siembras de temporal en  
México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 7: 1363-1368.

Whaley, J. M., Kirby, E. J., Spink, J. H., Foulkes, M. J. and Sparkes, D. L. 2004 Frost  
damage to winter wheat in the UK; the effect of plant population density. *European  
Journal of Agronomy*. 21: 105-115.

Zwer, P. K., and Qualset, C. O. 1994. Genes for resistance to stripe rust four spring wheat  
varieties. *Euphytica* 74: 10-115.