

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Tasa de Imbibición y su Relación con la Fisiología de las Semillas en Siete Genotipos de
Trigo (*Triticum aestivum* L.)

Por:

JOSE LUÍS RAMÍREZ MEJÍA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2016

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Tasa de Imbibición y su Relación con la Fisiología de las Semillas en Siete Genotipos de
Trigo (*Triticum aestivum* L.)

Por:

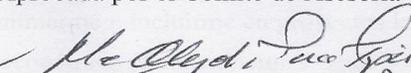
JOSE LUÍS RAMÍREZ MEJÍA

TESIS

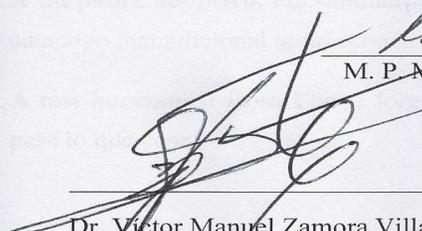
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

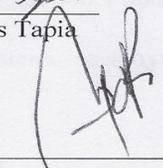
Aprobada por el Comité de Asesoría


M. P. María Alejandra Torres Tapia

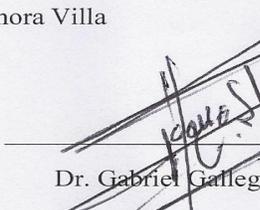
Asesor Principal


Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

Coasesor


M. C. Modesto Colín Rico

Coasesor


Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinación
División de Agronomía
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo del 2016

DEDICATORIA

A Dios. Por siempre guiarme para conseguir mis metas, y estar para mí y mi familia en cualquier momento de la vida.

A mi madre. Por enseñarme los mejores valores de la vida y ayudarme en los momentos más difíciles que pasado en el transcurso del tiempo, aun estando a una gran distancia de mí.

A mi padre. Por enseñarme lo negativo de la vida y así mi vida tomar otro rumbo mejor mediante mejores decisiones; espero aun poder ayudarte papá.

A mis abuelos. Por enseñarme a amar la agricultura y saber agradecerle a la madre naturaleza lo que obtenemos de ella para el sustento de cada día, trabajando junto con ella y no afectando su equilibrio.

A mi padre adoptivo. Por animarme e incluirme en proyectos laborales futuros, también por su apoyo incondicional tanto económico como emocional, para poder obtener mi meta.

A mis hermanos: Rosa Elena, Jorge y Víctor, siempre estaremos apoyándonos mutuamente pase lo que pase.

AGRADECIMIENTOS

A mi “Alma Terra Mater” Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

Por recibirme con los brazos abiertos, para poder adquirir los conocimientos, experiencias y consejos de sus catedráticos en sus instalaciones, en los cuales pase momentos tristes y alegres que marcaron mi vida profesional; para llegar a este gran momento y sentirme orgulloso de lo que he logrado.

A mis maestros. Por enseñarme lo mucho que aprendí tanto en mis bases escolares, como profesionales en mi “*Alma Terra Mater*”; en especial a las maestra Lourdes Hernández, por su gran apoyo, en la parte fundamental de este trabajo.

A mis asesores M. P. Alejandra Torres Tapia, Dra. Francisca Ramírez Godina, Dr. Zamora Villa Víctor Manuel y al M.C. Colín Rico Modesto. Por darme la oportunidad de aprender de sus experiencias laborales, como de la vida real y el apoyo en esta tesis, fue de mucha importancia para el desarrollo y resultado de esta investigación.

A mis amigos. Elena Hernández, Lizbeth Cano, Enrique Bernal, Víctor Ramírez, Adrian Cisneros, Tomas Santiago, Ángel Saguilán, Leonel López, Bernardo Tapia, Eustrain Roblero, Juan Tepexpa, Jesús Galindo, Pedro Gandarillas, Ángel Reyes, Jose Luís Sánchez, Iván Bonilla, Neftalí Cruz, Miguel Cuellar, Margaríto Ramos, Celerino Vázquez, Juan Montaña, Gilberto Abdón; gracias por compartir buenos momentos durante nuestras carreras y buscarle soluciones a nuestros problemas durante el trayecto de nuestra profesión.

A las mejores personas. Que conocí en el trayecto de mi vida social y en mi formación profesional; gracias a ellos aprendí a valorar la vida, aprendí de su cultura, de sus valores, de sus consejos, de sus regaños, de sus conocimientos. Y así, yo fijarme objetivos y metas para poder obtener mi profesión.

A las personas que supieron darme su afecto.

Sus consejos, sus conocimientos y la oportunidad de compartir diferentes temas con ellos, gracias por todo eso y más; que sería una lista interminable de personas y experiencias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Título	Descripción	Nº pág.
RESUMEN		- 10 -
I. INTRODUCCIÓN		- 12 -
Justificación		- 14 -
Objetivo General		- 14 -
Objetivos Específicos		- 14 -
Hipótesis		- 15 -
II. REVISIÓN DE LITERATURA		- 16 -
Generalidades del trigo		- 16 -
Importancia económica		- 17 -
Producción Mundial		- 19 -
Producción Nacional de Trigo		- 20 -
Producción del trigo		- 22 -
Tipos de Trigo		- 24 -
Mejoramiento genético		- 27 -
Variedades de trigo		- 27 -
Variedades más utilizadas en Coahuila		- 28 -
Proceso Germinación de semillas		- 28 -

Tasa de imbibición en relación con precondicionamiento	- 30 -
Actividad enzimática en relación a la conductividad eléctrica.....	- 32 -
Elongación de tejido en relación a la germinación y vigor de semilla	- 34 -
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	- 36 -
Ubicación del sitio experimental	- 36 -
Material genético	- 36 -
Metodología	- 37 -
Variables evaluadas	- 37 -
Volumen Absorbido (VA)	- 37 -
Conductividad Eléctrica (CE).....	- 38 -
Tasa de Imbibición (TI)	- 39 -
Capacidad de Germinación (CG).....	- 39 -
Plántulas Normales (PN)	- 40 -
Plántulas Anormales (PA)	- 41 -
Semilla Sin Germinar (SSG).....	- 41 -
Vigor	- 42 -
Longitud Media de Plúmula (LMP).....	- 42 -
Longitud Media de Radícula (LMR)	- 42 -
Tasa de crecimiento de plántula (Peso Seco, PS)	- 43 -
Análisis estadístico	- 43 -
Regresión y correlación	- 45 -

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	- 46 -
Volumen Absorbido.....	- 46 -
Conductividad Eléctrica.....	- 50 -
Tasa de imbibición.....	- 53 -
Capacidad de germinación.....	- 57 -
Plantas normales (Conteo a los siete días).....	- 58 -
Plantas anormales	- 59 -
Semilla sin germinar	- 59 -
Vigor	- 60 -
Primer conteo a los cuatro días después de siembra.....	- 61 -
Longitud media de plúmula	- 62 -
Longitud media de radícula	- 62 -
Peso seco de plántula	- 63 -
Análisis de regresión y correlación.....	- 63 -
V. CONCLUSIONES.....	- 66 -
VI. LITERATURA CITADA.....	- 68 -

ÍNDICE DE CUADROS

N° de Cuadro	Descripción	Pág.
2.1	Clasificación del Trigo en México.....	17
3.1	Descripción de los genotipos estudiados.....	37
4.1	Cuadros medios y nivel de significancia en volumen absorbido en siete genotipos de trigo durante dieciocho horas de imbibición.....	47
4.2	Comparación de medias de Volumen absorbido de siete genotipos de trigo durante 18 horas.....	48
4.3	Cuadros medios, nivel de significancia de la variable conductividad eléctrica en siete genotipos de trigo durante dieciocho horas de imbibición.....	51
4.4	Comparación de medias de la Conductividad eléctrica de siete genotipos de trigo durante 18 horas.....	52
4.5	Cuadros medios, nivel de significancia de la Tasa de imbibición en siete genotipos de trigo durante dieciocho horas de imbibición.....	54
4.6	Comparación de medias de la Tasa de imbibición de siete genotipos de trigo durante 18 horas.....	55
4.7	Cuadros medios de Plantas Normales, Plantas Anormales y Semilla sin Germinar conteo a los siete días.....	58
4.8	Comparación de medias de Plantas Normales, Plantas Anormales y Semillas sin Germinar conteo a los siete días.....	59
4.9	Cuadros medios del Primer conteo, Longitud media de plúmula, Longitud media de radícula y Peso seco de plántulas.....	61
4.10	Comparación de medias del 1er conteo, longitud media de plúmula,	

	longitud media de radícula y peso seco de plántula.....	62
4.11	Funciones de respuesta de la tasa de imbibición y conductividad eléctrica, coeficientes de determinación (R ²) y tiempo donde se presentó la máxima respuesta (T. Max.) en genotipos de Trigo (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

N° de Figura	Descripción	Pág.
3.1	Calibración del Conductímetro Mettler Toledo.....	39
3.2	Siembra de la semilla sobre cinta de doble pegamento.....	41
3.3	Conteo de plántulas normales.....	41
3.4	Conteo de plántulas anormales.....	42
3.5	Estimación de longitud media de plúmula.....	43
3.6	Estimación de longitud media de radícula.....	44
4.1	Gráfica de Comparación de medias de Volumen absorbido de siete genotipos de trigo durante 18 horas.....	50
4.2	Grafica de Comparación de medias de la Conductividad eléctrica de siete genotipos de trigo durante 18 horas.....	53
4.3	Gráfica de dispersión de la Tasa de imbibición de siete genotipos de trigo...	57

RESUMEN

El preacondicionamiento es un tratamiento pregerminativo que se aplica principalmente a semillas agrícolas de manera que puedan absorber agua y solutos e iniciar los procesos metabólicos correspondientes a la germinación, pero previniendo la protrusión radicular, obteniendo beneficios como mayor uniformidad y velocidad de germinación en campo. Para este fin, se planteó determinar el efecto de la imbibición en la capacidad fisiológica (viabilidad, germinación y vigor) de la semilla de trigo (*Triticum aestivum* L.); estudiando dos variedades comerciales y cinco líneas experimentales, generadas por el Programa de cereales de grano pequeño de la UAAAN, sometiendo la semilla a imbibición en agua destilada desionizada, bajo condiciones de laboratorio, evaluando cada dos horas en cuatro repeticiones por genotipo, el volumen absorbido (VA), conductividad eléctrica (CE) y tasa de imbibición (TI); una vez emitida la radícula se determinaron capacidad de germinación (PN, PA y SSG) y vigor (LMP, LMR y PS); los resultados se analizaron bajo un diseño de parcelas divididas y bloques al azar.

Se encontraron diferencias altamente significativas en los diferentes tiempos en VA, CE y TI, donde AN-345 (17.7 mL), los testigos Candéal y Pelón colorado (ambos 16.1 mL) absorbieron menos agua, a un tiempo de 12 horas de imbibición. Los testigos Candéal ($48.4 \mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$) y Pelón colorado ($61.5 \mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$), junto con AN-373 ($55.8 \mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$) y AN-345 ($61.4 \mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$) obtuvieron la menor CE; así mismo obtuvieron la mayor TI (0.47, 0.51 y 0.47 respectivamente). En cuanto a capacidad de germinación únicamente se obtuvo diferencias significativas en PN obteniendo el mayor porcentaje de germinación Candéal (97 %), Pelón colorado (90 %) y AN-373 (89 %); en el vigor, se encontró una diferencia altamente significativa en el primer conteo al cuarto día; sobresaliendo Candéal (79 %), AN-398 (71 %) y AN-345 (85 %); mientras que en LMP, LMR y PS, vuelve a sobresalir Candéal (11.51, 15.47 cm y 13.78 mg/plántula) y AN-373 (10.61, 15.89 cm y 15.13 mg/plántula).

Los genotipos de trigo estudiados, llegan a tener una relación en la conductividad eléctrica y tasa de imbibición, así mismo se refleja en la capacidad fisiológica de la semilla en germinación y vigor; por otra parte las tasas máximas de imbibición podrían tomarse como referencia para detener el proceso de germinación en su segunda fase y poder realizar un preacondicionamiento de esta especie para presiembra. Adicionalmente, se logra detectar que los valores máximos de conductividad eléctrica se pueden presentar antes de evaluar las tasas máximas de imbibición, permitiendo determinar el valor de una de ellas en razón de la otra en diferentes tiempos.

Palabras clave: Tasa de imbibición, Preacondicionamiento, Fisiología de semillas, Trigo, Germinación.

I. INTRODUCCIÓN

Después del maíz y el frijol, el trigo es una de las tres fuentes más importantes de nutrientes de bajo costo en la dieta del mexicano, sobre todo para las poblaciones rurales y urbanas de escasos recursos. Además, tanto el cultivo de trigo como su procesamiento y consumo, generan una importante tasa económica y un gran número de empleos en varios sectores y actividades de la cadena del Sistema Producto Trigo. Es por esto que el trigo como producto básico y su cultivo son de gran relevancia para el desarrollo socioeconómico de México.

Es producido en más de 200 millones de hectáreas de tierra a nivel mundial con un volumen de 725.911 millones de toneladas en el año 2014, y proporciona aproximadamente un quinta parte de la entrada calorífica total de la población del mundo (Reynolds *et al.*, 2009; USDA, 2016).

Según la Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la producción total mexicana de trigo durante el año 2014 fue de 3, 669,813.71 de toneladas.

Concentrándose cerca del 85% de la producción en los estados de Sonora (49.77%), Baja California (14.17%), Guanajuato (7.78%), Sinaloa (7.60%), Michoacán (4.22%) y Chihuahua (3.97%); desde el punto de vista regional nacional, la Región Noroeste aportó en promedio en el mismo año el 76.56% de la producción nacional del cereal y el Bajío el 11.42%, lo que conjuntamente representa más de las tres cuartas partes del total nacional.

Uno de los principales factores causantes de la pérdida de la biodiversidad, derivado del estrés y escasez es el cambio climático, generando riesgos en los distintos sectores de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura (plantas, animales, bosques, recursos acuáticos, invertebrados y microorganismos). Sin embargo, es de esperar que la investigación y la tecnología moderna en los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura

desempeñen una función importante en la mitigación y la adaptación a las consecuencias del cambio climático; la lucha contra este es fundamental para lograr un futuro sostenible para una población mundial en aumento, y la seguridad alimentaria debe constituir la base de estos esfuerzos. Actualmente el cambio climático presenta importantes amenazas y desafíos para la agricultura, la pesca y la actividad forestal. El aumento de las temperaturas, los cambios en el régimen de lluvias, la creciente variabilidad del clima y la mayor frecuencia de fenómenos extremos presentan riesgos y aumentan la vulnerabilidad de los sistemas de producción; pero debido a que el cambio climático es un proceso en curso por lo que los llamados recursos genéticos para la alimentación y la agricultura (RGAA) tendrán que conservarse y movilizarse continuamente para hacer frente a los nuevos retos conforme cambien las condiciones en las próximas décadas (FAO, 2015).

Las siembras de riego en 1996 representaron cerca de 70% del volumen nacional, figurando el noroeste, centro y norte del país, aportando las dos primeras poco más del 75% de la producción. En temporal, las siembras se realizan en pequeñas áreas aisladas en 12 estados de la república. A nivel nacional, en el periodo de 1976 a 1995, la superficie en estas áreas y su productividad se incrementó en 285% y 100%, respectivamente, como consecuencia de la mayor tecnificación del cultivo (Villaseñor *et al.*, 2000).

Es por esto que el uso eficiente del agua tiene que ser indispensable para este cultivo ya que actualmente se vienen problemas con la reducción de la cantidad de este recurso y principalmente en la agronomía. Uno de los esfuerzos para contribuir a prevenir esta condición de escasez es el papel que desempeña el Fitomejorador, al generar materiales genéticos mejorados a partir de germoplasmas nativos o criollos; sin embargo, es necesario obtener información de la fisiología de ellos, estudiando el metabolismo de la semilla haciendo énfasis tal vez en las etapas imbibición, activación enzimática hasta la emergencia de la plántula, para generar una tecnología adecuada en el manejo de la producción.

La etapa de imbibición, tiene un papel importante en el manejo de la semilla ya que a bajas temperaturas reduce el vigor de las plántulas de algunas especies y beneficia a otras, este fenómeno en general está relacionado a la fisiología de absorción de agua y la respiración de la misma semilla; mismo que puede ser utilizado como una tecnología de preacondicionamiento, el cuales un tratamiento pregerminativo que se aplica principalmente a

semillas agrícolas colocándolas por un tiempo determinado en soluciones osmóticas o en matrices sólidas (Heydecker *et al.*, 1973). Estos tratamientos pregerminativos promueven la sincronización e incrementan la velocidad de germinación de la población de semillas (McDonald, 2000; Sánchez *et al.*, 2001; Butola y Badola, 2004; también existen tratamientos para el preacondicionamiento de semillas que permiten reducir el tiempo entre la siembra y la emergencia de plántulas y mejoran la sincronización de emergencia en el campo (Sánchez *et al.*, 2001).

Justificación

Por lo anterior, el Programa de Cereales del Departamento de Fitomejoramiento a lo largo de los años ha generado diferentes líneas de trigo considerando materiales genéticos originarios de regiones con características contrastantes en suelo, clima y diferentes modelos de producción en riego, fertilización etc., obteniendo líneas experimentales sobresalientes para producción de grano harinero, sin embargo es necesario conocer el comportamiento de estos materiales genéticos mejorados en cuanto a su fisiología de la semilla y tratar de innovar tecnología en la producción de esta especie para la región Noreste haciendo énfasis en el uso sustentable y eficiente del agua de riego, por ello se plantearon los siguientes objetivos general y específico:

Objetivo General

- Evaluar la respuesta fisiológica de la semilla de cinco líneas experimentales de trigo (*Triticum aestivum* L.) comparados con dos variedades comerciales para propósitos de preacondicionamiento.

Objetivos Específicos

- Comparar la tasa de imbibición, conductividad eléctrica y capacidad de germinación de cinco líneas experimentales de trigo (AN-345-09, AN-366-09, AN-373-09, AN-375-10,

AN-398-09) y dos variedades (Pelón colorado y Candeal) para propósitos de preacondicionamiento.

- Comparar la Conductividad eléctrica y las diferentes pruebas de vigor en las líneas experimentales y variedades de trigo (AN-345-09, AN-366-09, AN-373-09, AN-375-10, AN-398-09, Pelón colorado y Candeal) en condiciones de laboratorio.

Hipótesis

- La Tasa de imbibición tiene una relación directa con la Conductividad Eléctrica y la Capacidad de Germinación en algunas Líneas experimentales y variedades estudiadas y permite determinar el tiempo óptimo para un preacondicionamiento de semilla.
- La Conductividad Eléctrica coincide (está relacionada) en la respuesta de vigor en al menos una de las pruebas de vigor de semilla aplicadas en las Líneas experimentales y variedades estudiadas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Generalidades del trigo

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es considerado la especie agrícola más antigua cultivada por el hombre y es, en la actualidad, el cereal más cultivado en el mundo, era originalmente silvestre, la evidencia nos muestra que creció primero en la Mesopotamia entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el Medio Oriente casi hace 10.000 años, siendo los egipcios quienes descubrieron la fermentación y fueron ellos los primeros en cocinar panes levados entre el 2,000 y 3,000 a.C. e introducido por los españoles a México en 1529 y desde entonces forma parte importante de la dieta de la población mexicana, por la disponibilidad y el costo que lo hace accesible a gran parte del consumidor en diferentes formas, tortilla y otros (Shewry, 2009).

La semilla es la unidad de reproducción sexual de las plantas y tienen la función de multiplicar y perpetuar la especie a la que pertenecen, siendo uno de los elementos más eficaces para que esta se disperse en tiempo y espacio. Constituyen el mecanismo de perennización por el que las plantas perduran generación tras generación. Son también el medio a través del cual, aún de manera pasiva, las plantas encuentran nuevos sitios y microambientes.

En todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para su éxito (Doria, 2010). Las condiciones de almacenamiento y sobre todo las condiciones dentro de los envases utilizados repercuten más en la longevidad de las semillas almacenadas, que las condiciones del ambiente en la cámara climatizada (Gómez, 2006) y dentro de ellas, la humedad es uno de los que posee mayor incidencia (Diojode, 1995; Chai *et al.*, 1998; Walters *et al.*, 1998; Clerkx *et al.*, 2003).

El trigo es una planta gramínea anual con espigas de cuyos granos molidos se obtiene la harina. La forma del grano de trigo es ovalada con extremos redondeados, en uno de ellos sobresale el germen y en el otro hay un mechón de pelos finos, el fruto maduro es no perecedero que puede ser almacenado. La altura de la planta varía entre 0.30 y 1.50 metros y cada planta tiene de cuatro a seis hojas, se cultiva de manera satisfactoria en climas subtropicales, moderadamente templados y moderadamente fríos, la temperatura adecuada varía entre 15 y 31 °C; lo más apropiado es que llueva más en primavera que en verano, la temperatura media en el verano debe ser de 13°C o más.

En México el trigo se clasifica de acuerdo a su **tipo de gluten**, se divide en 5 grandes grupos como se menciona en el cuadro 2.1, siendo de mayor demanda los grupos 1 y 3; habiendo sin embargo mayor crecimiento de trigos cristalinos.

Cuadro 2.1 Clasificación del Trigo en México. Fuente CANIMOLT (Cámara Nal. De la I. M. de Trigo, 2012)

Grupo	Tipo de Gluten	Descripción
1	Fuerte (muy elástico) y extensible.	Panificación, produciendo principalmente harina para pan de caja.
2	Medio fuerte (elástico) y extensible.	Pan hecho a mano o semi-mecanizado.
3	Débil (ligeramente elástico) y extensible.	La industria galletera y elaboración de tortillas, buñuelos y otros; aunque puede utilizarse en la panificación artesanal.
4	Medio y tenaz (no extensible)	No es panificable por su alta tenacidad. Se mezcla con trigos fuertes. Es utilizado para la repostería (pastelera y galletera).
5	Fuerte, tenaz y corto (no extensible).	No es panificable. Se usa para pastas alimenticias (espagueti, macarrones, sopas secas, etc.).

Importancia económica

En el mundo y en nuestro país, el trigo (*Triticum aestivum* L.), miembro de la familia de las gramíneas, suministra entre un 40 y un 60% de las calorías requeridas en nuestra dieta es el principal cereal para la alimentación y, junto con el maíz y el arroz es uno de los granos más importantes que se producen en varios países; debido al uso que se le da en sus diferentes subproductos.

El promedio mundial en el consumo de trigo fue de 95 kg, cifra que confirma que este grano es el segundo de mayor consumo en el mundo, antecedido solo por el maíz. La participación de México en el consumo internacional de trigo representó el 1% del total mundial, ubicándose en el lugar 19 en consumo, así mismo, a nivel per cápita, los mexicanos consumieron en el periodo un promedio de 56 kg por habitante, cifras que muestran que aunque no es uno de los principales consumidores a nivel internacional, el grano si es de especial importancia en el consumo mexicano (SAGARPA, 2011).

El trigo contiene además nutrientes y valor energético en mayor cantidad que los demás granos y nutricionalmente sólo es comparable con la avena. El consumo humano de este cereal, no puede realizarse directamente, pues requiere un proceso previo de transformación que inicia con la molienda, mediante la que se obtiene la harina, lo cual ubica a la industria harinera como el eslabón estratégico de la cadena producción-consumo y la constituye como principal demandante del grano. La harina cruda no es digerible por el sistema digestivo humano, por eso, para el consumo se requiere de cocción, generalmente por horneado o hervido.

Posee un alto grado de comercialización, por lo que el autoconsumo no es significativo. La harina es utilizada como materia prima en algunas industrias, que la transforman cocinada a productos masivos terminales (Panificación y Repostería). Por lo anterior, la mayor demanda del cereal en nuestro país la tiene la industria harinera, la que a su vez provee de materia prima a los fabricantes de la industria del pan, en donde la calidad del producto es determinada por la cantidad y la calidad de la proteína del grano.

Entre los constituyentes de este grano se encuentran el agua (humedad), las proteínas, la fibra y los carbohidratos. La calidad de la proteína le indica al industrial el tipo de proceso a realizar. Su aceptación o rechazo se rige por medio de la certificación de laboratorio con base en la Norma Oficial Mexicana y en el análisis de la proteína.

Bajo estas premisas es el cultivo que registra el mayor volumen que se comercializa. Si bien es cierto que México no es un productor y comercializador importante en el orbe, también es cierto que es un producto significativo en la dieta de la población y cuya

producción beneficia directa e indirectamente otras actividades productivas como a la industria (OEIDRUS B.C, 2002).

Es indudable que, a través de todos los tiempos, el hombre ha perseguido siempre alcanzar el máximo perfeccionamiento de los sistemas de cultivo, de tal forma, que le garanticen el éxito técnico y económico de sus actividades agrícolas, en el ámbito de un mercado cada día más exigente y competitivo.

Producción Mundial

Según las proyecciones de 2009, la producción mundial de trigo aumentará más o menos en un 1,3 por ciento anual durante el período de proyecciones a 679 millones de toneladas para 2010. Ello representaría un incremento de aproximadamente 12 millones de toneladas, o sea un 15 por ciento, con respecto al período base; lo cual tuvo un rango muy amplio de acuerdo a las estadísticas del USDA en 2016 como se proyecta en la gráfica (Figura 2.1), pero se prevé que la producción de trigo aumentará a un ritmo más rápido que durante el período de las proyecciones de los años 1990, sostenido por un decidido impulso registrado en los países en transición (América latina y el Caribe) y por un crecimiento más rápido en los principales países productores de trigo (USDA)(Figura 2.2).

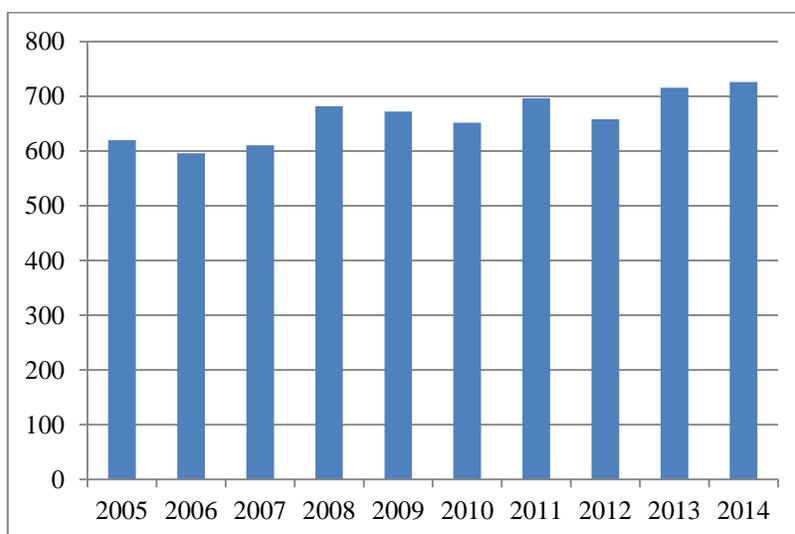


Figura 2.1 Producción mundial de trigo a 10 años (Millones de Toneladas). Según datos de FAS/Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Correspondiente al año 2015.

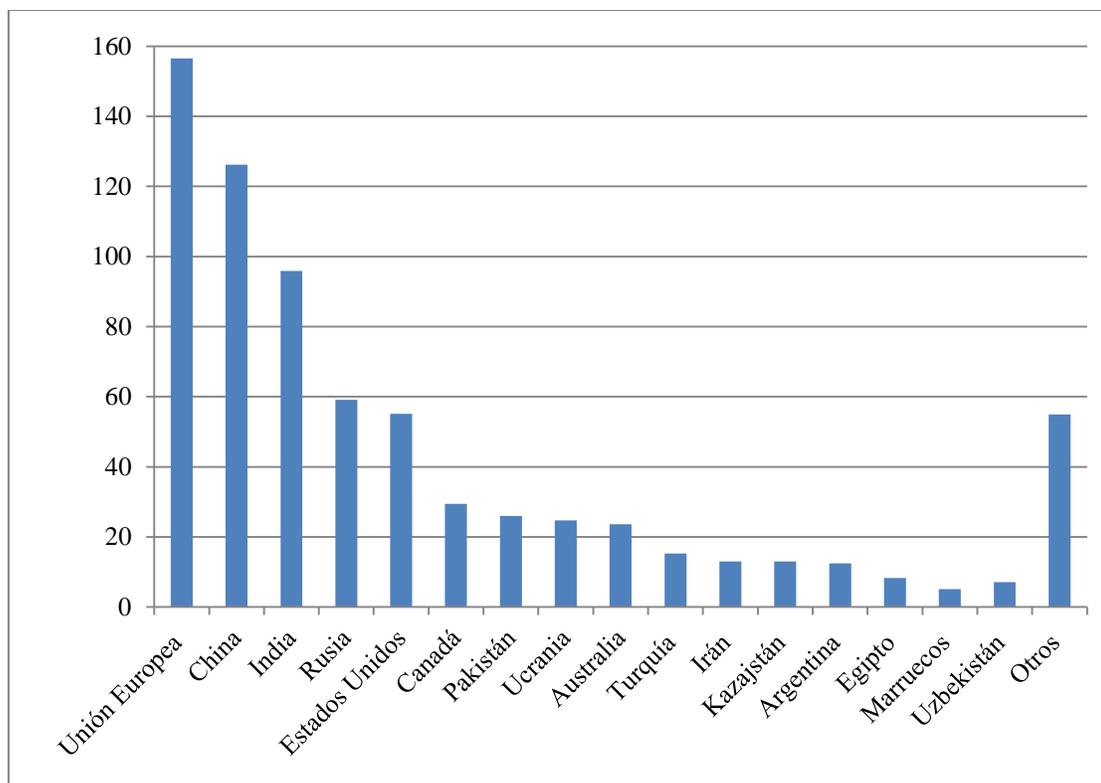


Figura 2.2 Producción Mundial de Trigo por país (Millones de Toneladas). Según datos FAS/Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA). Correspondiente al año 2014.

Producción Nacional de Trigo

Según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la producción total mexicana de trigo durante el año 2014 fue de 3,669,813.71 de toneladas, como se ve en la Figura 2.3.

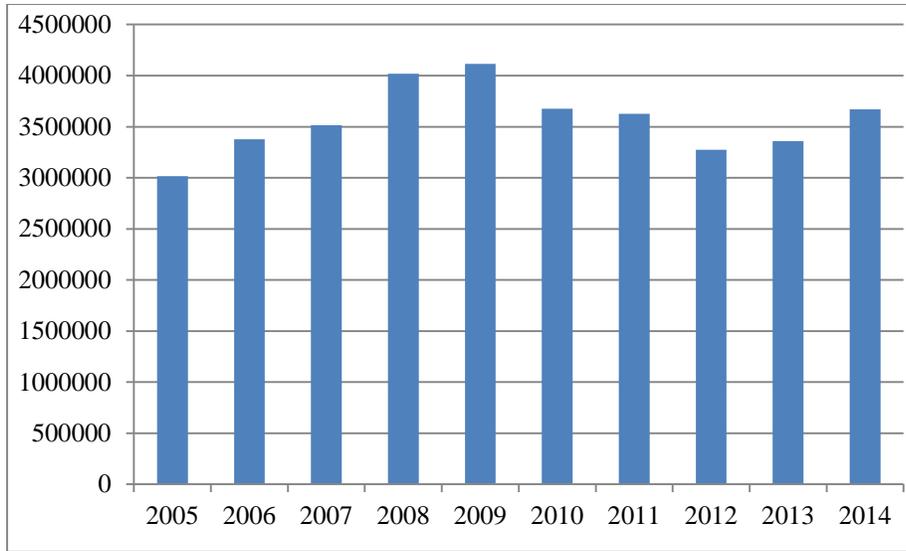


Figura 2.3 Gráfica de Producción Nacional de Trigo por Año (Toneladas) (FAOSTAT, 2016).

Concentrándose cerca del 85% de la producción en los estados de Sonora (49.77%), Baja California (14.17%), Guanajuato (7.78%), Sinaloa (7.60%), Michoacán (4.22%) y Chihuahua (3.97%) como se puede notar en la Figura 2.4. En el territorio nacional se distinguen las regiones Noroeste y Bajío por su preponderancia en la producción de trigo, siendo estos los principales estados productores.

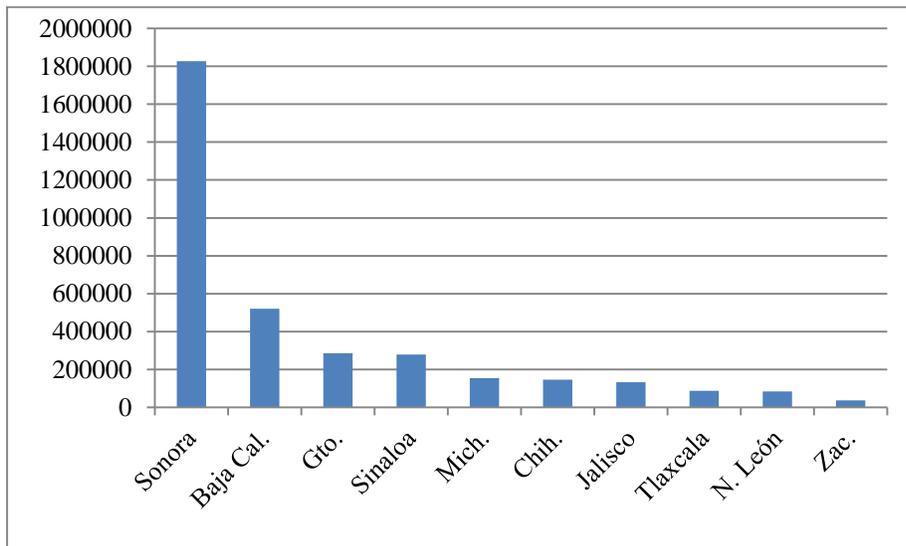


Figura 2.4 Gráfica de producción Nacional de Trigo por Estados (Toneladas) (SIAP, 2014).

La **Región Noroeste aportó** en promedio en 2014 el 76.56 % de la producción nacional del cereal y el Bajío el 11.42%, lo que conjuntamente representa más de las tres cuartas partes del total nacional. La superficie cultivada promedio de trigo en México en 2014 fue de 32,410.58 ha. (SIAP)- (SAGARPA).

En México puede producirse trigo suficiente para satisfacer la demanda nacional. Esta afirmación se basa en el antecedente de la cosecha record, que se logro en 1985, cuando se sembraron un poco mas de 1.2 millones de hectáreas cuya producción alcanzó 5.9 millones de toneladas, en aquel tiempo el excedente se exportó a los mercados europeos (Villaseñor, 2000).

Producción del trigo

Las operaciones a realizar en la preparación del terreno varían de acuerdo con el tipo de suelo, maquina disponible y el cultivo anterior (INIFAP, 1996).

Subsoleo. Necesario en suelos compactados, realizarlo de 0.8-1.0; práctica recomendable cada 3 o 4 años.

Barbecho. Voltear la tierra de la capa arable, mejorando la estructura. Realizarlo de preferencia con tres meses de anticipación a una profundidad de 25-30 cm.

Rastreo. Una vez barbechado el suelo, este se efectúa perpendicular al barbecho a una profundidad de 10-20 cm para desmenuzar los terrones grandes que hayan quedado; obteniendo un terreno más mullido lo cual facilita la germinación de la semilla y la emergencia de la planta. En caso de no obtener lo anteriormente mencionado realizar una segunda pasada perpendicular a la primera.

Nivelación. Esta operación es llevada a cabo para trigo en condiciones de riego, con terrenos cuyas pendientes sean mayores al 0.1% (10 cm por cada 100 m), permitiendo la distribución uniforme del agua de riego.

Trazo de riego. Se deberá hacer para mejorar la distribución del agua dentro del terreno de acuerdo con su topografía para evitar la erosión y acarreo del suelo, así como las

deficiencias en la aplicación del agua. El trazo de riego podrá hacerse en melgas rectas o en contorno con 5-10 cm de desnivel cada 100 m. son aconsejables longitudes de melgas de 100 en suelos de textura ligera o arenosa y no más de 200 m en suelos arcillosos o pesados.

Cantidad de semilla. La densidad de semilla puede ser de 80-120 kg/ha para variedades de ciclo tardío, de 170-200 kg/ha para variedades de ciclo intermedio bajo condiciones de riego. Para siembras de temporal se sugieren de 20-60 kg/ha; en ambos casos con un mínimo de 85% de semilla pura viable.

Método de siembra. Se recomienda sembrar en melgas ya sea en húmedo o “tierra venida” (suelos de textura franca o de aluvión) a una profundidad de 6-7 cm. y en seco (suelos arcillosos) a una profundidad de 3-5 cm. La siembra se recomienda hacerla con una sembradora fertilizadora de grano pequeño a chorrillo en hileras separadas a 17.5 cm. Para áreas de temporal se puede realizar al voleo o de forma mecanizada.

Fertilización. Las dosis a fertilizar son diferentes en función de los riegos aplicados o de los cultivos anteriores. Con 3 riegos de auxilio se recomiendan 120 kg/ha de fosforo aplicando todo el fosforo y la mitad del nitrógeno al momento de la siembra y la otra mitad de nitrógeno antes del primer riego de auxilio. Con uno o dos riegos de auxilio se sugiere emplear 65 kg de nitrógeno y 30 kg de fosforo/ha aplicando todo el nitrógeno y el fosforo al momento de la siembra. Si no hubo cultivo anteriormente se recomiendan 140 kg/ha de nitrógeno y 100 kg/ha de fosforo.

Riegos. En suelos arcillosos se recomienda aplicar un riego de pre siembra de 20-25 cm de lámina y tres riegos de auxilio de 10-15 cm de lámina; primer auxilio corresponde a etapa fisiológica de amacollamiento, segundo auxilio al encañe y el tercero durante embuche e inicio de floración. En suelo de textura ligera o arenosa se realizan cinco riegos; el primero en presiembra con 20-25 cm de lámina y cuatro riegos de auxilio con láminas de 10-12 cm, aplicándose en las etapas mencionadas anteriormente; sin embargo el cuarto riego de auxilio se recomienda aplicarlo en la etapa de estado lechoso del grano.

Control de malas hierbas. Mantener el cultivo libre de malezas principalmente de hoja ancha durante los primeros 30-40 días, aplicando el ingrediente activo 2-4 D Amina, durante los primero 20-30 días después de emergencia del cultivo con dosis de 1.0-1.5 L/ha.

Control de las principales plagas. Pulgón del cogollo, este es combatido por productos comerciales tales como Diazinón 40, Dimetoato 40, Thimet 8, Folimat 1000E, Thioldan 35%, (Aplíquese durante el estado lechoso del grano, cuando se presenten más de 10 pulgones/espiga), Parathion m720, Folimat 1000E con dosis de 0.5 - 1.5 L, cuando haya pequeños focos de infestación y aplicarse en planta chica, cuando haya más de 8 pulgones/hoja.

Enfermedades del cultivo de trigo. La roya de la hoja o chahuixtle es la enfermedad más importante del trigo, se presenta en altas humedades relativas y temperatura; puede atacar el cultivo en cualquier etapa de su desarrollo con daños de 80-100% en las primeras etapas del cultivo o cuando el trigo empieza a espigar. La manera más económica y práctica para su control es el uso de variedades que poseen tolerancia o resistencia contra las razas de chahuixtle de la zona específica.

Cosecha. Se recomienda iniciar la cosecha cuando las plantas estén completamente secas, esto significa 15 días después de que el pedúnculo o rabito de la espiga se pone amarillo y se seca o bien cuando el grano posea alrededor de un 13% de humedad.

Tipos de Trigo

Grano

Blando. (*Triticum aestivum vulgare*) Es la variedad más actualizada de trigos que producen una harina muy fina, principalmente utilizada para la panificación.

Duro. (*Triticum turgidum ssp. Durum*) es una monocotiledónea de la familia de las gramíneas, tribu Triticeae y género *Triticum*. En términos de producción comercial y de consumo humano, esta especie es la segunda más grande de su tipo *Triticum* después del trigo (*Triticum aestivum L.*) por sus características únicas de calidad. Los granos de trigo duro se utilizan principalmente en la fabricación de sémola utilizada en pasta.

Forrajero.(*Triticum aestivum L.*) En algunas regiones, se emplea la planta entera como un forraje que se conserva ya sea como heno o como ensilaje. La planta entera aporta fibra digestible y energía (9,0 MJ/kg MS) y su valor nutritivo puede asimilarse al valor del ensilaje de maíz, de modo que es un excelente forraje para vacas lecheras de alta producción o bovinos de carne (Adamson y Reeve, 1992). La cosecha de trigo para ensilaje debe realizarse en su etapa de grano lechoso-pastoso, con un contenido de MS de 30-35 por ciento(Breth, 1975).

De altura

Semienanos. Plantas de trigo de paja corta y de tallos cortos los cual ofrece mayor resistencia al acamado (Breth, 1975).

Altos. Poseen un grado adecuado de resistencia al acamado y pueden competir mejor con las malezas en las regiones donde hay una fuerte infestación de estas (Breth, 1975).

Madurez y hábito de crecimiento

De madurez tempranas. Variedades donde los inviernos son moderados; pero donde puede ser muy breve el periodo entre la última helada y el establecimiento de altas temperaturas y vientos cálidos.

Semi invernales. Son variedades que no florecen si antes no se les expone a un periodo de baja temperatura, a largas longitudes del día (Breth, 1975).

Otras cualidades

Salinidad. Trigos que en altas concentraciones salinas alcanzan un buen desarrollo del sistema radical, tienen grandes posibilidades de ser tolerantes a este tipo de estrés (Argentel *et al.*, 2006).

Sequía. Para el mejoramiento la resistencia a sequía es un terreno poco explorado. La tensión de humedad puede ocurrir de muchas maneras durante el ciclo de crecimiento y numerosos mecanismos pueden hacer posible que una planta sobreviva o escape de la sequía. Aunque hay evidencia de que ya existe buena resistencia a la sequía en algunos duros Semienanos (Breth, 1975).

Arquitectura de la planta. Posibilidad de formar plantas con menos hojas que lo normal, un número menor de hojas puede ayudar a la planta a usar la humedad eficientemente al reducir su evapotranspiración; también tendría menos superficie de coleccionar rocío y menor rozamiento foliar (Breth, 1975).

Multilíneas. Se crean mediante cruzamientos entre una variedad ampliamente adaptada de alto rendimiento y numerosas variedades que poseen muchos diferentes genes de resistencia a las royas. La progenie se selecciona cuando las líneas son esencialmente idénticas al padre recurrente, excepto que tienen diferentes genes de resistencia a las royas. La mezcla de las semillas de 15 – 20 líneas crea una variedad multilínea (Breth, 1975).

Tolerancia a enfermedades. Los fitogenétistas han venido realizando ensayos de selección, con lo cual se ha logrado obtener variedades resistentes a muchas enfermedades en una localidad dada (Breth, 1975).

Calidad. Esta incluye características físicas de calidad tales como la densidad, tamaño del grano y el porcentaje de granos vítreos duros. A su vez, las características de calidad requeridas para el procesamiento incluyen el contenido de proteína, la concentración de pigmento amarillo, el contenido del cadmio grano, la fuerza gluten, las propiedades de molienda de la comida, y la calidad de los alimentos y color de la pasta. La concentración de iones metálicos varía ampliamente en el grano, y actualmente funciona esta variabilidad para seleccionar cultivares de grano pobres de este miembro (Clarke *et al.*, 2002).

Mejoramiento genético

La característica genética que unifica a todos los miembros del género *Triticum*, es que estos tienen 14 cromosomas (siete pares) o un múltiplo de 14 cromosomas: Por ejemplo, el trigo *T. turgidum* tiene 28 cromosomas, siendo este trigo duro, por tanto este es tetraploide; (cuatro series de siete cromosomas) y el trigo harinero *T. aestivum vulgare* tiene 42 cromosomas y es hexaploide (seis series de siete cromosomas) (Breth., 1975).

Creadores de trigo duro se centran en la mejora simultánea de comportamiento agronómico, resistencia a enfermedades y rasgos de calidad de grano. Características agronómicas incluyen el rendimiento de grano, la tolerancia a la sequía, resistencia a enfermedades e insectos, la fuerza de la paja, altura de planta, resistencia al acame y cosecha.

Variedades de trigo

Debido a los diferentes usos del trigo existe una gran diversidad de variedades, actualmente se comercializan variedades de paja corta y de alto rendimiento, así como variedades de verano e invierno, pero la resistencia al frío de esta última debe mejorarse.

En general puede distinguirse tres variedades en función de su ciclo: Variedades de otoño o de ciclo largo; Variedades de primavera o de ciclo corto y Variedades alternativas. La diferencia entre ellas se basa en la duración del periodo vegetativo. Las variedades de otoño y las de primavera se diferencian en la integral térmica, tomando como cifras medias las siguientes:

Trigos de otoño: 1, 900-2, 400 ° Día ó UC

Trigos de primavera: 1, 250-1, 550 ° Día ó UC

Las variedades de trigo que se siembran en otoño, completan su ciclo vegetativo madurando al iniciarse el verano siguiente, debido a la falta de resistencia de las condiciones ambientales desfavorables durante este periodo. Las variedades en primavera, necesitan más de

un año para madurar y son las llamadas “de invierno”. La cualidad de los trigos invernales o primaverales es independiente de las demás cualidades de la variedad.

El empleo de trigos de ciclo largo o corto, no es indiferente para el buen éxito de la cosecha. Uno de los mecanismos más potentes de resistencia a la sequía es la precocidad de la variedad, que hace que ésta escape a la misma y a los calores del final del período de llenado del grano, aunque las variedades de ciclo más largo tienen un potencial productivo mayor. Durante el periodo de maduración, un adelanto, puede evitar daños de final de estación, además de permitir una recolección temprana. La condición de precocidad de un trigo no implica el que sea sensible al frío, pues esta cualidad aunque es constante para cada variedad, está influida por el fotoperiodo.

Variedades más utilizadas en Coahuila

Coahuila S-92, Zaragoza T-92, Salamanca S-75, Tonichi S-81, Ciano T-79, Angostura F-88, Ocoroni F-86, Cucurpe S-86, Nadadores M-66, Pavón F-76, Borlaug M-97, Huites M-95, Candeal (criollo imberbe), Pelón colorado (criollo barbado) (INIFAP, 1996).

Proceso Germinación de semillas

Para que una semilla germine se requieren ciertas condiciones favorables de humedad, temperatura, luz y oxígeno; cuando una semilla viva no germina en condiciones favorables se considera que está en estado latente (Montes, 1990).

La temperatura es un factor decisivo, ya que influye sobre las enzimas que regulan la velocidad de las reacciones bioquímicas que ocurren en la semilla después de la imbibición. La actividad enzimática tiene lugar entre un máximo y un mínimo de temperatura, existiendo un óptimo intermedio. La temperatura óptima, puede definirse como la más adecuada para conseguir el mayor porcentaje de germinación en el menor tiempo posible (Bewley y Black, 1982).

Primera fase: Imbibición

La absorción inicial de agua en la Fase 1 es una consecuencia de las fuerzas mátricas (Ψ_m) de las paredes celulares y los contenidos de las células de la semilla y esta absorción ocurre sin considerar a una semilla así posee latencia o no, es viable o no (Méndez *et al.*, 2008). También se dice que es un proceso físico cuya fuerza directriz está determinada por la diferencia de potencial de agua entre la semilla y el sustrato que la rodea (Hincapié *et al.*, 2010). Esta trae como consecuencia un aumento de volumen tanto de los tegumentos como de los materiales de reserva y del embrión en particular (Correa, 1990).

Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria (García *et al.*, 2001); mientras que la absorción de agua por parte de la semilla está directamente influenciada por la presencia de la testa y la permeabilidad que ésta tenga. El tejido de reserva absorbe agua a una velocidad intermedia hasta completar su hidratación (Moreno *et al.*, 2006).

La cantidad que penetra depende de las especies, pero es por lo general muy alta. En los cereales es del 40 al 60% del peso de la semilla seca y en algunas leguminosas, como la arveja, asciende al 180%. La cantidad de agua absorbida por las diferentes especies depende del tipo de sustancias de reserva que contengan, aquellas con endospermo amiláceo tienen un grado de hidratación menor que las que presentan endospermo proteico, altamente hidratable el agua penetra a través de los tegumentos, el micrópilo, la lente (estrofiolo), las paredes y las membranas celulares y se liga por uniones de hidrógeno a los coloides y otras sustancias eléctricamente cargadas. Al inicio el ingreso de agua es rápido. Las macromoléculas y estructuras se re-hidratan y recuperan sus formas funcionales, durante este periodo, los solutos de bajo peso molecular pueden perderse desde la semillas. El ingreso de agua en una semilla tiene tres fases o etapas (Curtis, 2013).

Mápula *et al.* (2008), la semilla de *Pseudotsuga menziesii*, absorben función al tiempo de imbibición una mayor cantidad de agua durante las primeras 14 horas, manteniéndose estable entre 14 y 17 horas y después de 18 horas la semilla reinicia lentamente la absorción de agua mientras que al completar 24 horas, la mayoría de las semillas muestran rompimiento longitudinal en la cara cóncava de la cubierta; por otro lado el cultivo de Jamaica (Domínguez

et al., 2007) la hidratación o absorción de agua es rápida ya que después de 10 h de inmersión, llegan a un estado de saturación, aunque otras llegan al mismo estado después de 19 h.

Moreno *et al.*(2006), Publicó que la hidratación de la semilla está directamente influenciada por la presencia de la testa y la permeabilidad que ésta tenga, el tejido de reserva absorbe agua a una velocidad intermedia hasta completar su hidratación, dependiendo de la morfología y de la calidad de la semilla; en las semillas de las leguminosas como el frijol debido a su testa más gruesa es más lenta su absorción de agua y por tanto su germinación; también durante el proceso de imbibición-germinación se pierde la tolerancia a la desecación (Oliver *et al.*, 2000; Hoekstra *et al.*, 2001; Bing *et al.*, 2012).

Tasa de imbibición en relación con preacondicionamiento

El preacondicionamiento es un tratamiento pregerminativo que se aplica principalmente a semillas agrícolas colocándolas por un tiempo determinado en soluciones osmóticas o en matrices sólidas, de manera que puedan absorber agua y solutos e iniciar los procesos metabólicos correspondientes a la fase temprana de la germinación, pero previene la protrusión de la radícula (Heydecker *et al.*, 1973); las semillas ortodoxas durante el desarrollo, cerca de la madurez, presentan la capacidad de reducir el contenido de agua de los tejidos sin afectar la viabilidad. A ésta característica se le conoce como tolerancia a la desecación (Rangel *et al.*, 2011).

Bewley (1995) la define como la capacidad de las semillas para germinar después de un secado rápido. Pudiendo reducir el contenido de agua hasta 50 g H₂O kg⁻¹ y almacenarlas por periodos mayores a un año sin tener descensos en el porcentaje de germinación (Egli y TeKrony, 1997).

Estos tratamientos pregerminativos promueven la sincronización e incrementan la velocidad de germinación de la población de semillas. En algunas especies el preacondicionamiento también aumenta la velocidad de crecimiento y el porcentaje de sobrevivencia de las plántulas durante su establecimiento aún en condiciones ambientales adversas (McDonald, 2000; Sánchez *et al.*, 2001; Butola y Badola, 2004), la lixiviación es más

rápida durante las etapas tempranas de imbibición según (Ashraf *et al.*, 2001); (Tajbakhsh, 2000) si una máxima tasa de imbibición ocurre antes de alcanzar la máxima tasa de conductividad eléctrica, puede deberse a la falta de habilidad para reorganizar rápida y completamente sus membranas celulares durante el inicio de la imbibición.

Schmidt y Tracy. (1989) mencionan que durante la imbibición se presenta una lixiviación de sustancias desde la semilla y estas sustancias son principalmente potasio, fosfatos, azúcares y aminoácidos, la cantidad de estos electrolitos es medida por la conductividad eléctrica.

También existen tratamientos para el pre-acondicionamiento de semillas que permiten reducir el tiempo entre la siembra y la emergencia de plántulas y mejoran la sincronización de emergencia en el campo (Sánchez *et al.*, 2001); por otro lado (Zamora *et al.*, 2015) si existe alta correlación positiva y significativa entre la tasa de imbibición y la conductividad eléctrica cualquiera de ellas puede usarse como indicador de la otra.

Por su parte, Khan *et al.*, (1979); Khan (1992); Taylor *et al.*, (1998); Welbaum *et al.*, (1998) y McDonald (2000) resumieron los conocimientos existentes acerca de la efectividad de los tratamientos de hidratación-deshidratación o preacondicionamiento de las semillas, incluyendo aquellos que, además del agua (acondicionamiento fisiológico), emplean la infiltración de compuestos químicos bioactivos, la peletización o la aplicación combinada de ellos.

Concluyendo, que estos tratamientos preacondicionadores pueden utilizarse para los siguientes fines prácticos: a) Incrementar la germinación en temperaturas de semillas subóptimas y supraóptimas, b) acelerar y sincronizar la germinación, c) estimular el sistema radicular, d) incrementar la resistencia o tolerancia de las plantas en condiciones de estrés biótico y/o abiótico, y e) aumentar la producción (rendimientos). Méndez *et al.*, (2008), menciona que la tasa de imbibición no se relaciona con el porcentaje de germinación.

Segunda fase: Actividad enzimática

Una vez incorporada una cierta cantidad de agua, que varía según la especie, inicia esta fase de activación metabólica, es donde predominan los procesos catabólicos, se activan las enzimas para el desdoblamiento y movilización de las reservas almacenadas en el embrión, endospermo o perisperma hacia el eje embrionario donde el tejido quiescente se vuelve metabólicamente activo (Hincapié *et al.*, 2010).

Muchas semillas son tolerantes a la desecación si el periodo de hidratación se mantiene hasta la fase II del patrón trifásico de absorción de agua y tienen una limitada capacidad de sobrevivencia a la desecación cuando se inicia la fase de crecimiento III (Bradford, 1995); (Leprince *et al.*, 2000; Buitink *et al.*, 2002; Farias *et al.*, 2005); existe un punto donde la cantidad de agua presente en las células promueve procesos irreversibles de la germinación, como es la movilización de reservas; como almidón y lípidos, que son transformadas enzimáticamente para formar compuestos solubles movilizados al embrión (Egli y TeKrony, 1997).

En resumen quiere decir que en las dos primeras fases de germinación los procesos son reversibles, a partir de la fase de crecimiento (fase 3) se entra a una situación fisiológica irreversible, la semilla que haya superado la fase de germinación tendrá que pasar a la fase de crecimiento y originar una plántula, o por el contrario morir (García *et al.*, 2001).

Actividad enzimática en relación a la conductividad eléctrica

Una prueba sensible y directa para evaluar la integridad del sistema de membranas es la conductividad eléctrica (Salinas *et al.*, 2001); ya que la conductividad electrolítica es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad, valencia y concentraciones relativas, así como de la temperatura (CONAGUA y SCFI, 2011).

La prueba de CE se basa en el principio de que conforme las semillas se deterioran, se reduce la permeabilidad diferencial de las membranas diferenciales de manera que al ser colocadas en una solución acuosa la semilla menos vigorosa sufre una pérdida de compuestos citoplasmáticos como aminoácidos, iones y azúcares de bajo peso molecular (Alizaga, 1989).

Powell (1988), consideró que la integridad de las membranas celulares determinada por los cambios bioquímicos deteriorativos y la capacidad para reorganizar y reparar daños, sería la causa fundamental de las diferencias en el vigor de las semillas, que son medidas en forma indirecta a través de la lixiviación de electrolitos durante la prueba de conductividad eléctrica, (Hampton, 1995) a medida que declina la calidad de un lote de semillas, merma el porcentaje de plántulas normales y se incrementa el número de plántulas anormales y/o de semillas muertas, afectando además el establecimiento, la densidad, la tasa de crecimiento y la altura de plántulas (Prijic *et al.*, 1991);

Mediante el aumento de la CE se ha reportado que existen altas concentraciones de sales o sustancias químicas liberadas en la solución; posiblemente causan un estrés osmótico durante la germinación y el crecimiento de las plántulas; tal como un estímulo de la germinación en las concentraciones más bajas, las cuales poseían bajos valores de CE y una tendencia a disminuir con el incremento de la concentración (valores altos de CE) hasta tornarse inhibitorio, en las concentraciones más altas también el número de plántulas disminuyó en el tiempo con el incremento de la concentración del extracto (Garsaball *et al.*, 2006).

Santos *et al.*,(2005), Estudiaron las modificaciones fisiológicas y bioquímicas bajo condiciones de campo y reportaron que en cuatro de ellos se registró reducción del vigor y la germinación a causa del deterioro de las membranas celulares, que afecta la pérdida de la capacidad de retención de solutos, lo que se considera como el primer paso hacia el deterioro de la calidad fisiológica de la semilla. Por otra parte reportes en *phaseolus vulgaris* L. indican que conforme la conductividad eléctrica se incrementa, la tasa de germinación decrece (Can, 2014); el test de conductividad no ha sido tan aceptado para maíz como en soya y guisante (Gotardo *et al.*, 2001).

Tercera fase: Elongación de tejido

Llamada también fase de elongación de tejido de crecimiento o germinación propiamente dicha se inicia al producirse elongación celular, división celular (Pérez *et al.*, 1984) y ruptura de la testa a través de la cual se observa salida de la radícula (Suárez y Melgarejo, 2010). Al iniciar esta etapa de la germinación, los materiales de reservas complejos son solubles e inmóviles. Después de ser digeridos pasan a ser simples, solubles y aprovechables por el embrión (Correa, 1990); sin embargo, el tiempo en que la protusión radicular o el cincuenta por ciento más uno se presenta es variable entre especies (Rangel, 2014). Por otro lado García *et al.*,(2001), mencionan que una cuarta fase en la cual se tiene lugar una acusada disminución de la respiración, que coincide con la desintegración de los cotiledones después de que han exportado las reservas almacenadas.

Elongación de tejido en relación a la germinación y vigor de semilla

La germinación de semillas puede ser definida como una serie de acontecimientos metabólicos y morfogenéticos que tienen como resultado la transformación de un embrión en una plántula que sea capaz de valerse por sí sola y transformarse en una planta adulta. En la germinación se dan procesos secuenciados y sincronizados, en un esquema tan organizado que los procesos anabólicos y catabólicos, son simultáneos (Barceló *et al.*, 1987); está influenciado tanto por factores internos como externos.

Dentro de los factores internos están la viabilidad del embrión, la cantidad y calidad del tejido de reserva y los diferentes tipos de dormancia. Que es definida como la capacidad de las semillas para retrasar el proceso de germinación hasta que las condiciones ambientales sean ideales, que permitan los mecanismos de sobrevivencia de las plántulas (Coopeland y McDonald, 1995). Esta se clasifica en primaria y en secundaria (Fenner, 2000). Según (Bewley y Azcon, 1993) a incapacidad de una semilla viable para germinar en condiciones favorables de humedad, oxígeno y temperatura se denomina latencia. Mientras que Baskin & Baskin (1998), mencionan que si el potencial osmótico de la solución es más grande que el potencial de crecimiento del embrión, la germinación de la semilla no ocurre.

Algunos de los factores externos que regulan el proceso son el grosor de la testa, disponibilidad de agua, temperatura y tipos de luz. El estudio de la biología y fisiología de las semillas es de vital importancia para el hombre, ya que la mayoría de las especies cultivadas como los cereales son propagadas a partir de semillas sexuales (Russo *et al.*, 2010). Entre los factores internos que afectan la germinación, se encuentra la viabilidad de las semillas que corresponde al periodo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar, y el vigor (ISTA, 1977).

Vigor. Se define como el conjunto de propiedades que determinan el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas (ISTA, 1977); el número de plántulas normales contabilizadas a los cuatro días se considera para cuantificar el vigor (Barros *et al.*, 2002).

La técnica recomendada para evaluar el vigor de la semilla es la de conductividad eléctrica (Vieira *et al.*, 2004), variable que resulta sensible para detectar el deterioro de la semilla provocado por causas naturales (edad, T °C, humedad en el almacenaje) o por daño mecánico a través de roturas, grietas producidas durante el transporte y/o la siembra (Grabe, 1973). Antecedentes señalan que durante el deterioro, el vigor es el primer componente de la calidad de la semilla que se pierde, seguido por disminuciones en la capacidad de germinación y en la viabilidad (Trawatha *et al.*, 1995).

Según Ferguson (1995), la prueba de germinación ofrece información suficiente sobre el desempeño de un lote de semillas, cuando este es de baja calidad. Un lote que no presente dormición y con 70% de germinación, seguramente se comportará presentando una baja emergencia a campo y se deteriorará rápidamente en el almacenamiento en condiciones desfavorables; Nicasio *et al.* (2011) menciona que los tratamientos pregerminativos también afectan el porcentaje final de germinación, el tiempo medio y la velocidad máxima de germinación en diferentes especies de maíz.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio experimental

El presente estudio, se realizó en el Laboratorio de Producción de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; cuyas coordenadas son 25.35 Latitud Norte y -101.033 Longitud Oeste con una Altitud de 1742 msnm.

Material genético

Los genotipos estudiados fueron cinco líneas experimentales obtenidas por el Programa de Cereales de grano pequeño del Departamento de Fitomejoramiento la UAAAN; estos materiales proceden de la cruce con los criollos Pelón colorado y Candéal, son de habito intermedio, en promedio rinden alrededor de 3.5 ton/ha; comparados con dos variedades comerciales como testigos Pelón colorado y Candéal, los cuales son de habito tardío considerados tolerantes a sequía, con rendimientos por debajo de las 3.5 ton/ha. En el Cuadro 3.1, se describen los materiales y su origen.

Cuadro3.1 Descripción de los genotipos estudiados

Identificación	Genotipo	Cruza
1	AN-375-09	AN-274-99/Pelón colorado
2	AN-398-09	AN-234-99/Candéal
3	Pelón Colorado	Variedad comercial
4	AN-373-09	AN-274-99/Pelón colorado
5	Candéal	Variedad comercial
6	AN-366-09	AN-274-99/Pelón colorado
7	AN-345-09	AN-274-99/Pelón colorado

Metodología

De las cinco líneas experimentales y las dos variedades, se registró su peso inicial de 100 semillas por material genético, en una balanza analítica de 0.0001 g de precisión marca Explorer Pro Ohaus y se determinó el contenido de humedad de cada material; posteriormente se sometieron a imbibición en 100 mL de agua des-ionizada(calibrada con un valor inicial de Conductividad Electrónica marca Mettler Toledo de $1.5 \mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$) cada una en cuatro repeticiones, evaluando volumen absorbido, conductividad eléctrica y peso adquirido determinando la tasa de imbibición, cada dos hora, hasta que la semilla emergió el 50 % más uno.

Dado el momento se prosiguió con la siembra llevando a una cámara de germinación marca Biotronette Mark III. Posteriormente al cuarto día, se evaluaron plantas normales y a los siete días después las plantas anormales, semilla sin germinar y plantas normales; una vez tomados los datos correspondientes, se realizó la última parte del experimento, considerando las plántulas normales para obtener el peso seco o tasa de crecimiento de cada repetición por cada genotipo.

Variables evaluadas

Volumen Absorbido (VA)

Se colocaron 100 semillas por material genético en vasos de polipropileno de 200 mL, con ayuda de una probeta graduada se agregaron 100 mL de agua des-ionizada, se dejaron imbibir por dos horas a temperatura ambiente $\pm 25^{\circ}\text{C}$, pasadas las dos horas de imbibición, se decantó el agua en una probeta graduada midiendo el volumen residual en mililitros de cada uno de las repeticiones y material genético; una vez registrado el dato, se retornó el agua al vaso con la semilla y se dejó nuevamente dos horas; este proceso se realizó cada dos horas hasta observar el 50 % más uno de protrusión radicular en las semillas.

Para calcular el volumen absorbido se restó el volumen inicial menos el volumen residual, según la fórmula siguiente:

Volumen absorbido = $V_i - V_r$ Donde: V_i = Volumen inicial V_r = Volumen residual

Conductividad Eléctrica (CE)

Para determinar la conductividad eléctrica de la semilla a través del exudado, se utilizó el agua residual de la prueba anterior de cada repetición por material genético estudiado, utilizando Conductímetro marca Mettler Toledo, calibrando con agua destilada des-ionizada como se muestra en la Figura 3.1, registrando la lectura de cada material y repetición expresada en $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$. Haciendo la lectura cada dos horas hasta observar el 50 % más uno de protrusión radicular en las semillas.



Figura 3.1 Calibración del Conductímetro Mettler Toledo

Al momento de realizar la lectura, se debe tener cuidado de que el electrodo no tenga contacto con los bordes del vaso y con las semillas simplemente con la disolución, calculando su nivel por encima del electrodo y esperar a que se muestre la lectura del aparato.

El equipo también determina otros datos como la temperatura de la disolución y pH haciendo un promedio solo como referencia para posteriores investigaciones.

Tasa de Imbibición (TI)

Una vez decantada el agua en cada material genético y repetición de la determinación de volumen absorbido, sequitó el exceso de humedad de la semilla con ayuda de una toalla absorbente y se pesó en una balanza analítica de 0.0001 g de precisión marca Explorer Pro Ohaus, registrando el peso adquirido en gramos; posteriormente se procedió en la metodología de volumen absorbido, esta determinación se realizó cada dos horas como en las pruebas anteriores hasta observar una germinación fisiológica del 50% más uno en cada repetición, es decir al obtener una protrusión radicular en más de cincuenta semillas.

Con el peso inicial, el contenido de humedad de la semilla y los pesos adquiridos obtenidos en la metodología; se calculó la tasa de imbibición (TI); aplicando la ecuación de Weibull (Domínguez et al 2007) con la fórmula:

$$\text{Tasa de imbibición} = \frac{Wf - Wi}{Wi \left(1 - \frac{Hi}{100}\right)}$$

Dónde:

Wf= Peso adquirido Wi=Peso inicial Hi=contenido de humedad de semilla

Capacidad de Germinación (CG)

En prueba de capacidad de germinación, se partió de las semillas evaluadas de la determinación anterior, sembrando cuatro repeticiones de 25 semillas por genotipo sobre papel “Anchor” de 38 X 25.6 cm humedecido, colocando cada semilla sobre una cinta de doble pegamento en la parte central del papel (Figura 3.2), asegurándose que la parte del embrión de la semilla quedo en posición hacia abajo y las pilosidades hacia arriba, cubriendo con otra hoja de papel húmedo, enrollando hasta formar un “taco” por repetición, identificando los tacos, procediendo a colocarlos en forma aleatoria y verticalmente (con el embrión hacia abajo) en una bolsa de plástico y llevados a una cámara de germinación marca Biotronette Mark III; a una temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ en ocho horas luz y 16 horas oscuridad durante siete días, para

posteriormente determinar el número de plántulas normales, anormales y semillas sin germinar).



Figura 3.2 Siembra de la semilla sobre cinta de doble pegamento

Plántulas Normales (PN)

Se realizaron dos conteos, el primero tomado como indicador de vigor, este consistió en contar el número de plantas normales al cuarto día después de la siembra siendo muy estrictos en este conteo, ya que solo se tomó en cuenta plántulas que tenían la primera hoja y que habían llenado el coleóptilo; el segundo se efectuó al séptimo día, conforme a la ISTA. (1992), haciendo un conteo de plántulas normales, las cuales se consideraron tres veces el tamaño de la semilla tanto en plúmula como en radícula (Figura 3.3). Registrado los datos, se calculó el porcentaje de germinación.

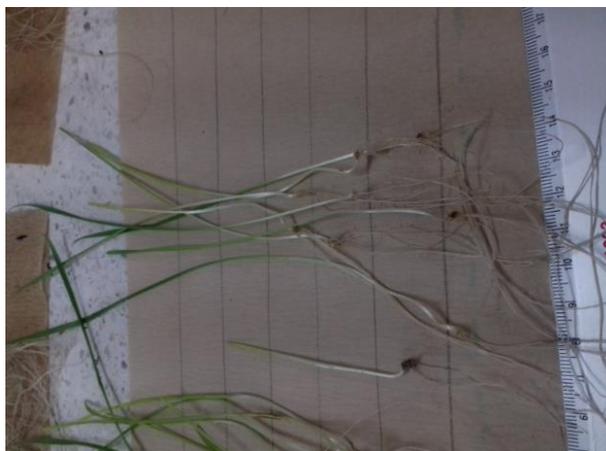


Figura 3.3 Conteo de plántulas normales

Plántulas Anormales (PA)

Esta variable PA, se tomó en el segundo conteo a los siete días, mientras más alto sea el número de plántulas anormales en la repetición, más baja es la calidad de la semilla del genotipo; considerando plántulas con raíces muy cortas, atrofiadas, débiles o filiformes, carencia de raíz primaria o en su defecto de la parte aérea, plántulas con raíces hendidas longitudinalmente o dañadas y plántulas con el epicotilo corto, grueso en forma de S ó deformes (Figura 3.4). Registrado los datos, se calculó el porcentaje de PA.



Figura 3.4 Conteo de plántulas anormales

Semilla Sin Germinar (SSG)

Para esta variable SSG, las características fenotípicas fueron no haber desarrollado raíz y plúmula. Esto debido a diferentes factores tanto de la misma semilla latencia e inviabilidad, como reducción o nulo poder germinativo, ennegrecimiento total o parcial de las semillas y alteración de su características nutritivas provocadas por hongos, los cuales se notaron en algunos genotipos evaluados, no causando daños mayores.

Vigor

Longitud Media de Plúmula (LMP)

Es una estimación de Vigor mediante la variable longitud media de plúmula (LMP); para la cual se utilizaron cuatro repeticiones de 25 semillas, utilizando la metodología descrita por Perry, (1977); donde al papel de germinación se le trazaron paralelas a cada 3 cm de distancia a partir de la parte central del papel, se sembraron las semillas en la línea central con cinta de doble pegamento, para ser sometidas por siete días dentro de la cámara de germinación con las condiciones controladas mencionadas anteriormente; una vez completado los siete días, se cuantificó las plántulas normales, las cuales se evaluaron en la paralela correspondiente como se muestra en la Figura 3.5, determinando al final la sumatoria de la medida de plúmulas por repetición entre el número de plantas normales medidas en esa repetición; las plántulas normales se identificaron según la ISTA, (1992).

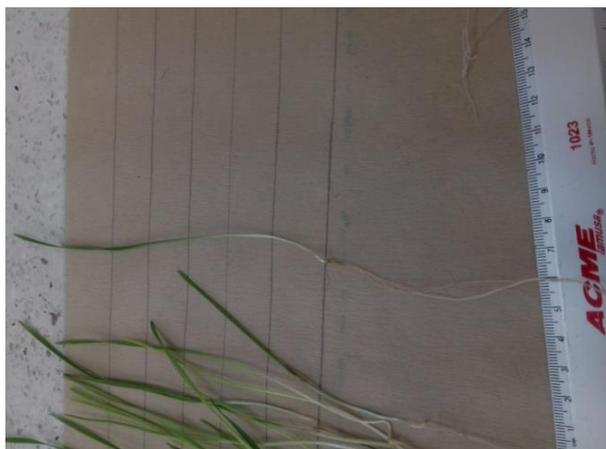


Figura 3.5 Estimación de longitud media de plúmula

Longitud Media de Radícula (LMR)

Para obtener los datos de esta variable, se consideraron las plántulas normales resultantes de la prueba de LMP, utilizando de una regla graduada en centímetros, midiendo la radícula de cada plántula normal en cada repetición por genotipo como se muestra en la Figura 3.6; calculando el promedio de la longitud por repetición.

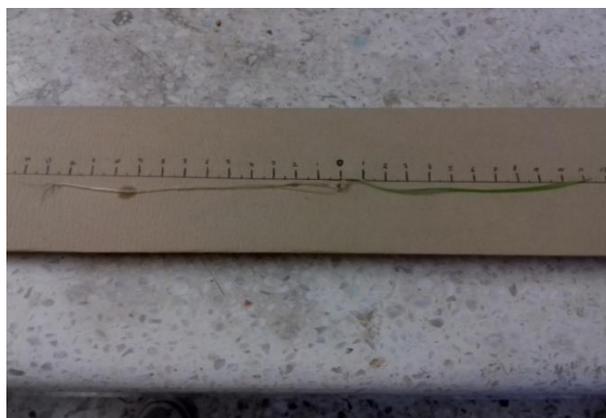


Figura 3.6 Estimación de longitud media de radícula

Tasa de crecimiento de plántula (Peso Seco, PS)

Para la obtención de esta variable, se utilizaron las plántulas normales resultantes de la prueba de capacidad de germinación, donde también nos refleja una estimación de vigor mediante la tasa de crecimiento de plántula considerando el peso seco de la misma, realizando la metodología de esta prueba según las reglas de la AOSA (1983); donde a los siete días después de la siembra, una vez evaluadas las plántulas normales conforme a la ISTA (1992), se quitaron los restos de semilla a las plántulas y se colocaron en bolsas de papel de estraza perforadas previamente pesadas para ser llevadas a la estufa de secado marca ShelLab D.B.O a 65 °C por 24 horas, una vez transcurrido el tiempo se dejó enfriar a temperatura ambiente y se procedió a pesar en una balanza analítica de 0.0001 gr presión; se consideró el peso de las plántulas secas en miligramos y se dividió entre el número de plántulas normales de cada repetición, obteniendo el resultado en mg/plántula.

Análisis estadístico

Los resultados obtenidos de cada variable se agruparon mediante el programa Microsoft Excel, analizados estadísticamente mediante el paquete estadístico SAS versión 9.0 (2009); en las variables volumen absorbido, conductividad eléctrica y tasa de imbibición, se usó el método de parcelas divididas en arreglo completamente al azar, considerando las

lecturas realizadas (tiempo) como parcela grande y los genotipos como parcela chica como lo describe el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijk} = \mu + S_i + E_{ij}(a) + V_k + (SV)_{ik} + E_{ijk}$$

Y_{ijk} es la observación en el genotipo k , repetición j , en el tiempo de imbibición i .

μ = es la media verdadera general.

S_i = efecto de los i tiempos de imbibición

$E_{ij}(a)$ = error de parcela grande

V_k = efecto de los k genotipos

$(SV)_{ik}$ = interacción del tiempo de imbibición (i) con los genotipos (k)

E_{ijk} = error experimental

Las variables de capacidad de germinación y vigor se analizaron mediante un completamente al azar bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + e_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Es la observación de la unidad experimental

μ = efecto de la media general del experimento

T_i = efecto del tratamiento i

e_{ij} = valor aleatorio, error experimental de la u.e. ij

Los resultados de los análisis donde se encontraron diferencias significativas se realizaron pruebas de comparación de medias DMS; además de realizar un análisis de correlación para conocer la asociación de cada genotipo en la variable de tasa de imbibición.

Regresión y correlación

Para el análisis de regresión se utilizó el paquete estadístico JMP versión 5.01, obteniendo la ecuación de la recta en las variables de volumen absorbido, conductividad eléctrica y tasa de imbibición, posteriormente realizando la derivada de la segunda función de la ecuación de la recta obtenida para así conseguir el valor de las mayores tasas de las variables mencionadas en horas.

$$Y = mx + b$$

mx= Pendiente; b= Ordenada de origen; Y= Ecuación de la recta

Por otra parte, se procedió a realizar un análisis de correlación para la variable conductividad eléctrica y el volumen absorbido, tasa de imbibición y la conductividad eléctrica y por ultimo tasa de imbibición y el volumen absorbido, en el programa Excel del paquete office; además de también realizar correlaciones para cada genotipo en la variable conductividad eléctrica y tasa de imbibición, para conocer su interacción específica, por medio de la fórmula:

$$r = \frac{\sum xy - \left[\frac{(\sum x)(\sum y)}{n} \right]}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right]} * \sqrt{\left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}}$$

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Volumen Absorbido

Mediante los resultados obtenidos para esta prueba en los siete genotipos de trigo (*Triticum aestivum* L.), fueron interpretados en un análisis de varianza (ANVA), donde se destaca que existió diferencia significativa a las 4 horas de imbibición, y altamente significativa en las demás horas evaluadas, indicando que hubo un comportamiento diferente entre los genotipos, así mismo diferente absorción agua en los mismos (Cuadro 4.1), resultando un coeficiente de variación menor de 12.05 %, indicando que existe una mayor homogeneidad en los valores de volumen absorbido; por tanto un trabajo bien conducido.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios y nivel de significancia en volumen absorbido en siete genotipos de trigo durante dieciocho horas de imbibición

Fuente de variación	gL	Tiempo (horas)									
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	
Genotipos	6	2.59**	1.88*	2.41**	4.24**	5.22**	4.27**	23.07**	54.45**	54.45**	
Error Exp.	21	0.175	0.431	0.363	0.848	0.901	1.284	0.690	1.681	1.681	
CV %		12.03	9.91	6.48	7.66	6.54	6.46	4.34	6.37	6.37	

*Significativo ** altamente significativo No significativo NS, P: 0.05, 0.01

Una vez realizado el ANVA y haber encontrado diferencias significativas, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias en los diferentes tiempos de imbibición, encontrando tres grupos estadísticos en las primeras dos horas, donde los genotipos AN-373 y AN-345, resultaron compartir el mismo grupo, iniciando su absorción de humedad en mayor cantidad, seguidos la variedad Pelón colorado, AN-375, Candeal y AN-366 como el segundo grupo con valores de absorción intermedia como lo describe el Cuadro 4.2; así mismo estos

dos últimos genotipos junto con AN-398 formaron el tercer grupo, siendo este el que absorbió la menor cantidad de humedad a estas dos primeras horas de imbibición.

A las siguientes cuatro horas (cuatro y seis horas de imbibición), se formaron solamente dos grupos estadísticos, donde AN-398, AN-373 y AN-375 formaron el primer grupo (Cuadro 4.2), teniendo los mayores valores de absorción de agua a este tiempo; sin embargo AN-375 también formó parte del siguiente grupo junto con Pelón colorado, Candeal y AN-366, donde Candeal fue quien obtuvo la menor absorción.

Cuadro 4.2 Comparación de medias de Volumen absorbido de siete genotipos de trigo durante 18 horas

Genotipo	Tiempo (h)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	
AN-375-09	3.1 BC	6.6 AB	9.8 A	12.3 ABC	15.6 A	18.2 A	21.6 A	25.2 A	25.2 A	
AN-398-09	2.6 C	7.2 A	10.0 A	13.2 A	15.6 A	18.3 A	20.8 A	23.2 B	23.2 B	
PELON C.	3.2 B	6.1 B	8.7 B	11.3 CD	13.5 CD	16.1B	16.1 C	16.1 D	16.1 D	
AN-373-09	4.6 A	7.1 A	9.7 A	12.7 AB	15.1 AB	17.3AB	20.5 A	22.8 BC	22.8 BC	
CANDEAL	3.0 BC	5.7 B	8.0 B	10.2 D	12.6 D	16.1 B	16.1 C	16.1 D	16.1 D	
AN-366-09	3.1 BC	6.0 B	8.7 B	11.5 BCD	14.1 BC	18.6 A	21.0 A	21.0 C	21.0 C	
AN-345-09	4.6 A	7.5 A	9.8 A	12.6 ABC	15.0 AB	17.7 AB	17.7 B	17.7 D	17.7 D	

Medidas que tengan la misma letra no son significativamente diferentes.

Posteriormente a las ocho y diez horas de imbibición resultaron cuatro grupos estadísticos, donde sobresale AN-398 como el mayor de volumen absorbido, en los siguientes grupos estadísticos se contemplaron a AN-373, AN-345, AN-375 y AN-366 (Cuadro 4.2); sin embargo en el cuarto grupo fue integrado por Pelón colorado y Candeal quienes absorbieron el menor volumen de agua durante estos tiempos.

Una vez dadas las doce horas de imbibición; únicamente se formaron dos grupos, el primero integrado por AN-375, AN-398, AN-366teniendo el mayor volumen absorbido, seguidos de los genotipos AN-373, AN-345 (Cuadro 4.2), así como Pelón colorado y Candeal quienes se encontraron en el segundo grupo estadístico; así mismo estos testigos reflejaron el menor volumen de agua absorbido además de presentar a este tiempo el 50 % más uno de protrusión radical al igual que el genotipo AN-345.

A las siguientes catorce horas de imbibición, se encontraron tres grupos estadísticos, infiriendo AN-375 con el mayor volumen de absorción de agua seguidos AN-398, AN-373 y AN-366 (Cuadro 4.2); mientras que Pelón colorado, Candeal y el genotipo AN-345, siguieron formando los últimos grupos como en las horas anteriores; en este tiempo el genotipo AN-366, logró obtener su 50 % más uno de protrusión radical, considerando su emergencia fisiológica.

En el caso de los dos siguientes últimos tiempos de imbibición (dieciséis y dieciocho horas), se obtuvieron las mismas tendencias que los tiempos anteriores, donde el genotipo AN-375 absorbió el mayor volumen de agua, seguidos del segundo y tercer grupo AN-398, AN-373 y AN-366 (Cuadro 4.2), así mismo los testigos y el genotipo AN-345, se consideraron del último grupo estadístico. Es de mencionar que a las 16 horas, AN-373 logró obtener su 50 % más uno de emergencia de radícula, mientras que AN-375 y AN-398 fueron los genotipos que tardaron mayor tiempo en su protrusión radical.

En la Figura 4.1 siguiente, se pueden apreciar tendencias del comportamiento de los genotipos y variedades a través de los diferentes tiempos de evaluación de volumen absorbido de cada material estudiado; en general los genotipos con mayor absorción de agua durante la prueba de imbibición (18 horas) fueron AN-375, AN-398 y AN-373, donde obtuvieron 25.25, 23.25 y 22.88 mL respectivamente, teniendo su emergencia en los dos primeros genotipos de 50 % más uno a las 18 horas, pero AN-373 logró su emergencia a las 16 horas no superando las 18 horas en comparación de lo encontrado por Mápula *et al.*, (2008), en semillas de *Pseudotsuga menziesii*, que absorbieron su mayor cantidad de agua a partir de las 14 a las 17 horas, después a las 18 horas reinició su absorción y germinó a las 24 horas.

Sin embargo, AN-366 obtuvo el máximo valor en volumen de agua de 21.0 mL a las 14 horas donde se presentó su emergencia; mientras que los genotipos AN-345, Pelón colorado y Candeal sobresalieron con valores de 17.75, 16.12 y 16.12 mL respectivamente de volumen de agua absorbida a un tiempo de imbibición de 12 horas; siendo similar el comportamiento de absorción de agua como en las variedades criollas del cultivo de Jamaica (Domínguez *et al.*, 2007) con una hidratación rápida, después de 10 y 19 horas de inmersión completando en este tiempo su saturación, lo cual podemos decir que estos materiales genéticos de trigo sobretodo AN-345 y los testigos tienen una capacidad extraordinaria de absorber agua, pero no quiera decir que sean los mejores en las técnicas de precondicionamiento, pues solo se observa una

velocidad de germinación con menor cantidad de agua asimilada, faltaría demostrar su aptitud de interrumpir la fase II para un posible preacondicionamiento.

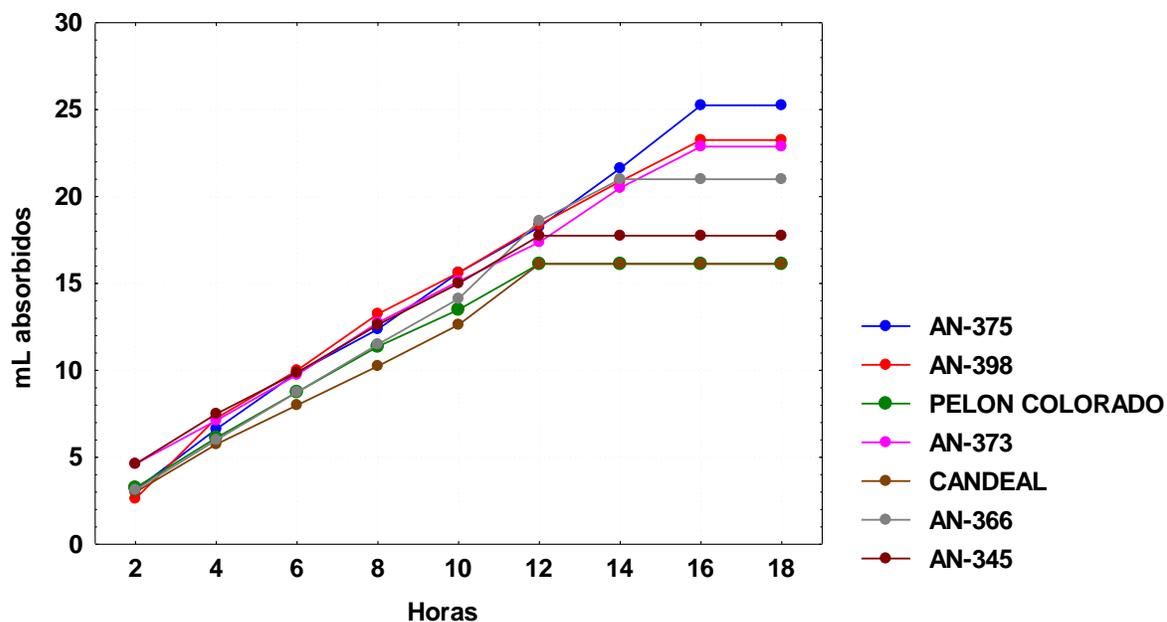


Figura 4.1 Gráfica de Comparación de medias de Volumen absorbido de siete genotipos de trigo durante 18 horas

Las diferencias anatómicas entre especies, pudiera ser un factor que diferencie la capacidad de absorción de agua. Sin embargo, si se compara la semilla de jamaica con los trigos estudiados, en cuanto horas de hidratación no se marca una diferencia en la velocidad de absorción, tal vez se deba a la permeabilidad de membranas, como lo afirma Moreno *et al.* (2006), la hidratación de la semilla está directamente influenciada por la presencia de estructuras morfológicas y su permeabilidad en el caso de leguminosas (frijol), donde el tejido de reserva absorbe agua a una velocidad intermedia hasta completar su hidratación, siendo más lenta por contener una testa gruesa en cambio en los genotipos estudiados en el presente trabajo tendieron a absorber a mayor velocidad, por no presentar estructuras de esta naturaleza.

Conductividad Eléctrica

En el Cuadro 4.3, se observa el análisis de varianza de los genotipos de acuerdo a las 18 horas de imbibición; destacando diferencias altamente significativas en todos los tiempos de evaluación; indicando que existió un comportamiento diferente entre los tiempos evaluados y diferencias reales en la conductividad eléctrica posiblemente por el tiempo de inmersión de cada material estudiado para poder llevar a cabo su exudación de aniones y cationes en el medio. Obteniendo coeficientes de variación menores de 11.8 % en los tiempos evaluados, indicando que existe una mayor homogeneidad o sea que no tiene mucha variabilidad en los valores obtenidos de conductividad eléctrica; por tanto demuestra que el experimento ha sido bien conducido.

Cuadro 4.3 Cuadrados medios, nivel de significancia de la variable conductividad eléctrica en siete genotipos de trigo durante dieciocho horas de imbibición

Fuente de variación	g.L	Tiempo (h)								
		2	4	6	8	10	12	14	16	18
Genotipos	6	234.83**	95.55**	173.09**	182.51**	236.21**	314.70**	400.66**	501.05**	637.65**
Error Exp.	21	2.571	2.058	34.045	6.599	7.241	8.068	7.786	9.069	9.303
CV %		5.029	3.15	11.72	4.61	4.55	4.54	4.34	4.57	4.56

*Significativo ** Altamente significativo No significativo NS, P: 0.05, 0.01

Según el Cuadro 4.4, donde se observa el comportamiento de la prueba de medias para conductividad eléctrica; en la primera lectura a las dos horas, muestra que en el grupo uno al testigo Pelón colorado con la mayor CE, sin embargo no quiere decir que sea él mejor; seguidos los genotipos AN-373, AN-366 y AN-345 con una CE moderada formando estadísticamente el grupo dos; en el siguiente grupo se obtuvo a la variedad Candeal; luego en un cuarto grupo estadístico los genotipos AN-375 y AN-398 con una menor conductividad eléctrica, indicando posiblemente su alto grado de retención de electrólitos (aniones y cationes) en la semilla a estas primeras dos horas de imbibición.

A las cuatro horas (Cuadro 4.4), se logró observar que el genotipo AN-375 se destacó con el mayor valor de CE, seguido del testigo Pelón colorado; mientras que AN-366, AN-398 y

AN-345 se agruparon en el grupo tres con valores similares en la CE; así mismo estos últimos dos genotipos junto con AN-373 formaron el cuarto grupo estadístico; y en el último grupo, sobresale el testigo Candeal por obtener en el menor valor de CE.

Cuadro 4.4 Comparación de medias de la Conductividad eléctrica de siete genotipos de trigo durante 18 horas

Genotipo	Tiempo (h)									
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	
AN-375-09	22.5 D	53.2 A	60.6 A	66.8 A	71.4 A	77.0 A	80.7 A	85.1 A	89.2 A	
AN-398-09	20.8 D	43.6 CD	49.0 BC	56.9 BC	60.3 BC	64.6 BC	67.2 B	70.6 B	73.5 B	
PELON C.	42.6 A	50.8 B	54.5 AB	56.7 BC	60.2 BC	61.5 C	61.5 C	61.5 C	61.5 C	
AN-373-09	34.95 B	42.6 D	46.5 BC	49.7 D	52.6 D	55.8 D	58.8 C	62.5 C	62.5 C	
CANDEAL	32.2 C	39.3 E	42.5 C	45.6 E	47.7 E	48.9 E	48.9 D	48.9 D	48.9 D	
AN-366-09	34.8 B	45.2 C	52.2 AB	58.7 B	64.0 B	67.7 B	70.6 B	70.6 B	70.6 B	
AN-345-09	35.0 B	43.5 CD	42.7 C	54.8 C	57.4 C	61.4 C	61.4 C	61.4 C	61.4 C	

Medidas que tengan la misma letra no son significativamente diferentes.

Posteriormente, a las seis horas de imbibición se obtuvieron tres grupos estadísticos; el primero, formado por AN-375, Pelón colorado y AN-366 obteniendo el mayor valor de CE, estos dos últimos materiales genéticos, formaron parte del siguiente grupo estadístico junto con AN-398 y AN-373, así mismo estos tuvieron similar respuesta que AN-345 y el testigo Candeal resultando con el menor valor de CE (Cuadro 4.4).

Pasadas las ocho y doce horas de imbibición, al evaluar la prueba de comparación de medias se tuvieron comportamientos similares; donde la mayor CE la obtuvo el genotipo AN-375; seguidos de AN-366, AN-398 y Pelón colorado en un segundo grupo, donde estos dos últimos materiales formaron parte del tercer grupo con AN-345; mientras que AN-373 formó un solo grupo, sobresaliendo nuevamente el testigo Candeal, quien presentó el menor valor de CE (Cuadro 4.4). Es de mencionar que a las doce horas los materiales Pelón colorado, Candeal y AN-345, consiguieron el cincuenta por ciento más uno de protrusión radical, lo cual indicó que hasta ese momento se dejó de evaluar esta prueba.

A las catorce, dieciséis y dieciocho horas de imbibición, en la evaluación se siguió observando a AN-375 con el mayor valor de CE, seguidos los genotipos AN-398 y AN-366 y en un tercer grupo a AN-373 como se muestra en el Cuadro 4.4.

Se puede apreciar en la Figura 4.2, las tendencias del comportamiento de los genotipos y variedades a través de los diferentes tiempos de evaluación de la conductividad; donde al inicio de la evaluación a las 2 horas, Pelón colorado fue quien presentó el máximo valor de CE y, a las 4 horas AN-375 lo superó, persistiendo a través del tiempo con la mayor conductividad; este comportamiento se debió posiblemente a que la integridad de las membranas celulares determina los cambios bioquímicos deteriorativos y la capacidad para reorganizar y reparar daños coincidiendo con Powell (1988), por ello, a través de los tiempos AN-375 obtuvo hasta un valor máximo de $89.25 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, seguido del genotipo AN-398 con $73.52 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, ambos a las 18 horas de imbibición; mientras que la variedad Pelón colorado y AN-345 resultaron con valores similares de 61.6 y $61.4 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$ a las 12 horas de imbibición.

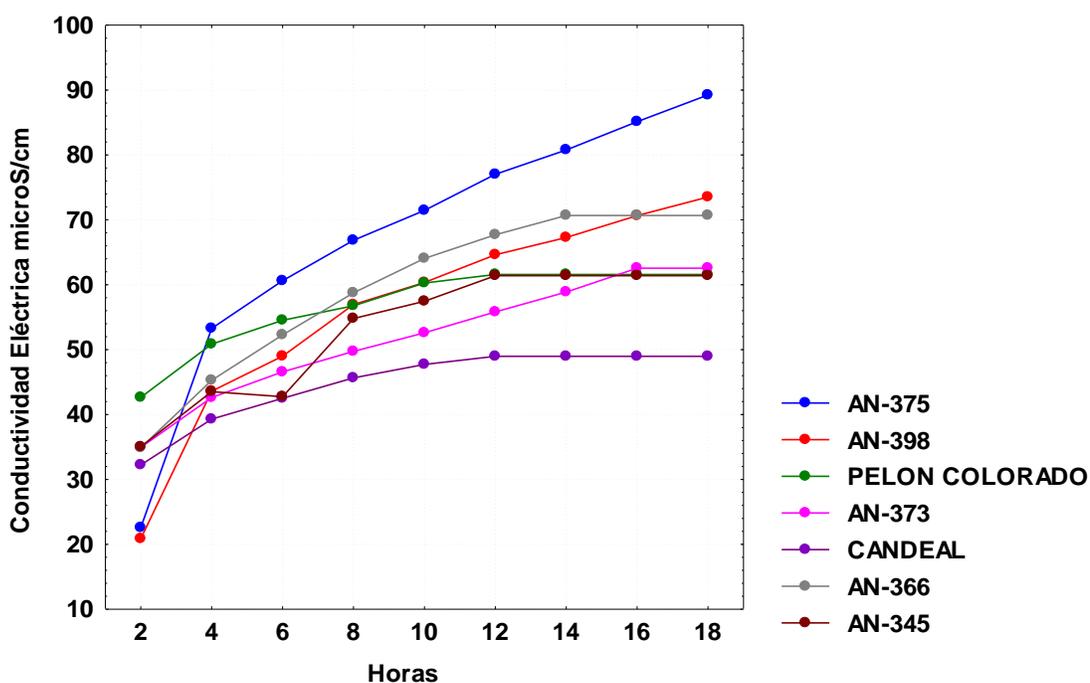


Figura 4.2 Grafica de Comparación de medias de la Conductividad eléctrica de siete genotipos de trigo durante 18 horas

En el caso de AN-366, logró obtener su máximo valor de CE a las 14 horas con $70.7 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$, así mismo en el testigo Candéal, a pesar de obtener el más bajo valor de CE ($48.98 \mu\text{S}/\text{cm}^{-1}$), fue el genotipo que a las 12 horas de imbibición presentó su germinación.

Como se puede ver, esta prueba logró reflejar las velocidad y condiciones de las membranas a través de los valores de la CE, siendo sensible y directa para evaluar la

integridad del sistema de membranas como lo menciona Salinas et al. (2001), evidenciando al genotipo AN-375, con mayor exudado de los electrolitos presentes en las membranas a comparación de Candeal, quien obtuvo un menor exudado y por tanto menor valor de CE (Figura 4.2).

Tasa de imbibición

En el Cuadro 4.5, se observa el comportamiento de los genotipos de acuerdo a las 18 horas de imbibición, donde en las evaluaciones, existieron diferencias altamente significativas en los tiempos, generando un comportamiento diferente entre los genotipos e incremento de la tasa de imbibición por efecto del agua absorbida a través del tiempo; excepto en las 14 horas, donde resulta menor de 95% por lo tanto se rechaza la hipótesis con un 92% de probabilidad, considerándose como no significativo a las catorce horas, indicando que en este tiempo existió un comportamiento similar entre los genotipos con respecto a la tasa de imbibición.

Cuadro 4.5 Cuadrados medios, nivel de significancia de la Tasa de imbibición en siete genotipos de trigo durante dieciocho horas de imbibición

FV	gL	Tiempo (h)								
		2	4	6	8	10	12	14	16	18
Genotipos	6	0.0012**	0.0016**	0.0013**	0.00065**	0.0011**	0.0013**	0.0017NS	0.0018**	0.0026**
Error Exp.	21	0.000030	0.000063	0.000062	0.000039	0.000071	0.000100	0.000763	0.000121	0.000093
CV %		2.35	2.44	2.08	1.51	1.87	2.08	5.66	2.20	1.90

*Significativo ** Altamente significativo No significativo NS, P: 0.05, 0.01

Por otra parte también se observa un coeficiente de variación menor del 20% en las lecturas, mostrando que no existe mucha variabilidad en los valores obtenidos de tasa de imbibición; por tanto demuestra que el experimento ha sido bien conducido durante la evaluación.

Posteriormente encontradas las diferencias estadísticas respectivas, se realizó una prueba de medias para esta variable, resultando cinco grupos estadísticos a las dos horas de imbibición como se muestra en el Cuadro 4.6, el primero lo integra el testigo Candeal y AN-375 con la mayor tasa de imbibición, seguido del testigo Pelón colorado y AN-373 en el grupo dos; así mismo este último también perteneció al tercer grupo estadístico junto con AN-345,

quien también conformo el cuarto grupo al igual que AN-398; y en el último grupo estadístico el genotipo AN-366 dando el menor valor de la tasa de imbibición.

Cuadro 4.6 Comparación de medias de la Tasa de imbibición de siete genotipos de trigo durante 18 horas

Genotipo	Tiempo (h)								
	2	4	6	8	10	12	14	16	18
AN-375-09	0.25A	0.341 A	0.38 B	0.41CD	0.44C	0.47BC	0.49 AB	0.51 AB	0.53A
AN-398-09	0.22D	0.319 B	0.36 D	0.40 DE	0.43C	0.47BC	0.45C	0.50 B	0.52 AB
PELON C.	0.24B	0.339 A	0.38BC	0.42 B	0.46B	0.47B	0.47 BC	0.47C	0.47C
AN-373-09	0.23BC	0.322 B	0.37 CD	0.41 BCD	0.44C	0.47 BC	0.50 AB	0.52A	0.52 AB
CANDEAL	0.25A	0.349 A	0.41 A	0.44 A	0.47A	0.51A	0.51A	0.51 AB	0.51B
AN-366-09	0.20 E	0.288 C	0.35 E	0.40E	0.43C	0.46C	0.47 ABC	0.47C	0.47C
AN-345-09	0.22CD	0.324 B	0.37 CD	0.41 BC	0.46B	0.47B	0.47 ABC	0.47C	0.47C

Medidas que tengan la misma letra no son significativamente diferentes.

En las siguientes cuatro horas de imbibición, se formaron tres grupos estadísticos, donde AN-375, Pelón colorado y Candéal, obtuvieron los mayores valores de TI; seguidos AN-398, AN-373 y AN-345 en el grupo dos y por último el genotipo AN-366, formando el tercer grupo con la menor tasa de imbibición (Cuadro 4.6).

Por otra parte, a las seis horas de imbibición como se muestra en el mismo Cuadro 4.6, el testigo Candéal formo el primer grupo con la mayor tasa de imbibición, seguido del grupo dos formado por AN-375 y Pelón colorado, este a su vez perteneció al grupo tres junto con AN-373 y AN-345, donde este último genotipo formo parte del grupo cuatro al igual que AN-398; mientras que AN-366 resultó estar en el quinto grupo estadístico con la menor tasa de imbibición durante este tiempo.

A las ocho horas de imbibición, se formaron cinco grupos estadísticos; el primer grupo únicamente fue dado por el testigo Candéal con la mayor tasa de imbibición, seguido por el testigo Pelón colorado, AN-373 y AN-345, estos dos últimos formaron el segundo grupo con AN-375; quien junto con AN-373 y AN-398 resultaron en el cuarto grupo, así mismo este al igual que AN-366 se encontraron en el último grupo estadístico por obtener la menor tasa de imbibición (Cuadro 4.6).

En las siguientes diez horas de imbibición, el testigo Candéal nuevamente se encontró el primer grupo, mientras que Pelón colorado y AN-345 siguieron en el segundo grupo, en

tanto los genotipos AN-375, AN-398, AN-373 y AN-366 resultaron en el tercer grupo con la menor tasa de imbibición.

A las doce y catorce horas de imbibición como se muestra en el Cuadro 4.6; el testigo Candeal continuo con la mayor tasa de imbibición; Pelón colorado, AN-345, AN-375, AN-398 y AN-373 formaron el siguiente grupo; así mismo, los tres últimos antes mencionados también se encontraron en el tercer grupo estadístico; y como era de esperarse AN-366 en el cuarto grupo. Es importante resaltar que al tiempo de 12 horas, los testigos Pelón colorado y Candeal al igual que AN-345 consiguieron el 50 % más uno de protrusión radicular (emergencia), así como en el genotipo AN-366 que obtuvo su emergencia a las catorce horas de imbibición; es de mencionar que estos tres materiales genéticos terminaron de evaluarse a las horas correspondientes a su protrusión radicular.

Posteriormente a las dieciséis y dieciocho horas de imbibición; AN-373 y AN-375 obtuvieron los valores de mayor tasa de imbibición formando el primer grupo, así mismo este último formó el segundo grupo junto con AN-398. Por otra parte el genotipo AN-373 concluye su imbibición obteniendo el 50 % más uno de protrusión radical a las 16 horas y AN-375 y AN-398 a las 18 horas.

Existe una tendencia positiva en el comportamiento de los diferentes genotipos estudiados en la tasa de imbibición (Figura 4.3); mientras aumenta el tiempo de hidratación de la semilla, incrementa la tasa de imbibición, hasta demostrar las tres fases que suceden durante el proceso de germinación; esta conducta de incremento, permite detectar un período de hidratación en la Fase I, para lograr adelantar este proceso antes de que los materiales se lleven a una siembra convencional; ya que existen semillas que tienen tolerancia a la desecación, si el periodo de hidratación se mantiene hasta la fase II del patrón trifásico de absorción de agua y tienen una limitada capacidad de sobrevivencia a la desecación cuando se inicia la fase de crecimiento III mencionado por Bradford (1995); durante la imbibición, en semillas de trigo el mayor valor de tasa imbibición fue Candeal a las 12 horas con 0.519, seguido por Pelón colorado con 0.479; mientras que AN-366(0.46), AN-398 y AN-375 obtuvieron la menor tasa de imbibición con un valor de 0.479, sin embargo fueron quienes resultaron con la mayor CE (89.25), lo cual podría decirse que existe una relación entre estas

variables, como menciona Zamora *et al.*, (2015) pudiéndose usar una como indicador de la otra, a través de una regresión.

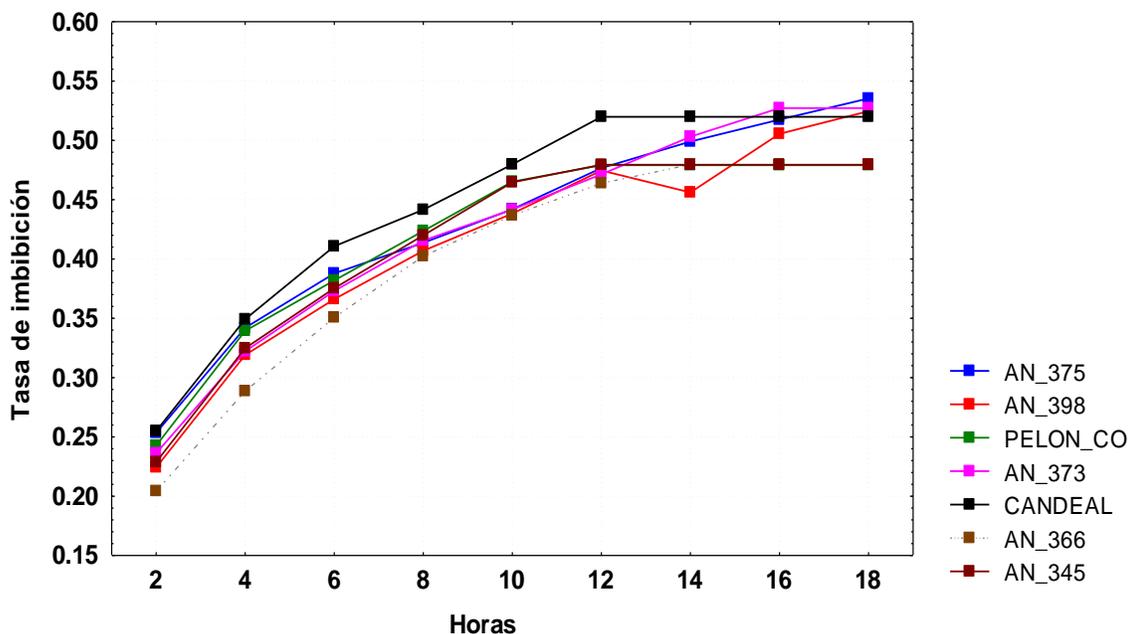


Figura 4.3 Gráfica de dispersión de la Tasa de imbibición de siete genotipos de trigo

Sin embargo, existen diferentes factores que puedan influir en los resultados tanto genéticos como la calidad fisiológica, por ejemplo en los genotipos AN-366y AN-375 que obtuvieron la menor tasa de imbibición a las doce horas, teniendo comportamientos similares debido a que son descendientes de Pelón colorado; en contraste con el testigo Candéal, quien no coincide en los valores ni comportamientos en las variables hasta ahora mencionadas con el genotipo AN-398; lo que quiere decir que los materiales genéticos estudiados posiblemente no tengan el mismo período de imbibición (Fase I) en el proceso de germinación o simplemente no tienen la calidad fisiológica adecuada para germinar, ya que el tiempo en que se presentó la protrusión radical en los genotipos evaluados fue variable, solo en aquellos que tienen descendencia genética tal vez avanzada sean tiempos similares, como menciona Rangel *et al.* (2014), el tiempo en que la protrusión radicular o el cincuenta por ciento más uno es variable entre especies.

Lo cual confirma, lo descrito por Nicasio *et al.* (2011) quien menciona que los tratamientos pregerminativos también afectan el tiempo medio y la velocidad máxima de

germinación en diferentes especies de maíz, (Leprince *et al.* (2000); Buitink *et al.* (2002); Faria *et al.*, 2005); esto debido a que existe un punto donde la cantidad de agua presente en las células promueve procesos irreversibles de la germinación, como la movilización de reservas, como almidón y lípidos, son transformadas enzimáticamente para formar compuestos solubles movilizados al embrión (Egli y TeKrony, 1997).

Capacidad de germinación

En el Cuadro 4.7, se observa el análisis de varianza de los genotipos de acuerdo a las variables, en donde existieron diferencias significativas en plantas normales indicando que hubo un comportamiento diferente entre los genotipos y diferencias reales en las variables de estos; así mismo no se encontró diferencia en las variables plantas anormales y semillas sin germinar, lo que muestra que los genotipos obtuvieron valores similares; además resultó un coeficiente de variación menor del 20% únicamente en plantas normales como se muestra en el mismo Cuadro, indicando que no existe mucha variabilidad en los valores obtenidos; por otro lado en las variables plantas anormales y semillas sin germinar fue de 94 % y 71 % respectivamente, siendo por encima del 20 %, dado por la existencia de porcentajes en PA y SSG de cero por ciento hasta 10 %.

Cuadro 4.7 Cuadrados medios de Plantas Normales, Plantas Anormales y Semilla sin Germinar conteo a los siete días

Fuente de Variación	Grados Libertad	Plantas Normales	Plantas Anormales	Semillas sin Germinar
Genotipos	6	84.952*	31.238(NS 51%)	35.619(NS91%)
Error Exp.	21	33.523	32.952	16.380
CV %		6.55	93.44	70.82

*Significativo ** altamente significativo No significativo NS, P: 0.05, 0.01

En la prueba de comparación de medias en la variable plantas normales (PN), de acuerdo al Cuadro 4.8, refleja dos grupos estadísticos, donde el primer grupo lo formaron aquellos materiales genéticos con un mayor porcentaje de germinación, como el testigo Candeal, Pelón colorado y AN-373 con valores de 97, 90 y 89% respectivamente, quienes en

la variable de CE, resultaron con menores valores, coincidiendo con Can (2014), quien menciona que conforme la conductividad eléctrica se incrementa, decrece la tasa de germinación.

Esta misma tendencia, se presentó en los genotipos AN-345 (88 %), AN-375 (87 %) AN-398 (84 %) y AN-366 (83 %) quienes formaron el segundo grupo estadístico, y a su vez Pelón colorado y AN-373 formaron parte de este; en general obteniendo diferentes valores en la CE preferentemente de mayor valor, corroborando que a medida que declina la calidad de un lote de semillas, merma el porcentaje de plántulas normales (Hampton, 1995) como se presentó en los genotipos; confirmado por Murcia *et al.* (2001), quienes mencionan que la prueba de vigor conductividad eléctrica fue válida para establecer el poder germinativo en el experimento realizado con semillas de girasol, ya que la conductividad eléctrica fue una herramienta que mejor anticipó la emergencia en siembras tempranas.

Cuadro 4.8 Comparación de medias de Plantas Normales, Plantas Anormales y Semillas sin Germinar conteo a los siete días

Genotipo	Plántulas Normales %	Plántulas Anormales %	Semillas Sin Germinar %
AN-375-09	87.0 B	4.0 A	10.0 A
AN-398-09	84.0 B	10.0A	6.0 ABC
PELON C.	90.0 AB	6.0 A	4.0 BC
AN-373-09	89.0 AB	7.0 A	4.0 BC
CANDEAL	97.0 A	2.0 A	1.0 C
AN-366-09	83.0 B	9.0 A	8.0 AB
AN-345-09	88.0 B	5.0 A	7.0 AB

Medidas que tengan la misma letra no son significativamente diferentes.

Plantas normales (Conteo a los siete días)

Por otra parte, en los genotipos estudiados, se encontraron resultados donde a mayor tasa de imbibición mayor porcentaje de germinación, ya que el testigo Candéal y Pelón colorado obtuvieron el mayor porcentaje de germinación con 97 y 90 % y la mayor tasa de imbibición con 0.51 y 0.47 respectivamente a las doce horas; mientras que los genotipos con

menor porcentaje de germinación AN-375 (87 %), AN-398 (84 %) y AN-366(83%), obtuvieron la menor tasa de imbibición con 0.47, 0.47 y 0.46 al tiempo de las doce horas contradiciendo a lo que menciona Méndez *et al.* (2008), donde la tasa de imbibición no se relaciona con el porcentaje de germinación.

Plantas anormales

En la prueba de comparación de medias en la variable plantas anormales (PA) de acuerdo los resultados mostrados en el Cuadro 4.8, no existió diferencias significativas entre los genotipos; pero resaltando que AN-398 (10 %) y AN-366 (9 %) fueron los genotipos con el mayor porcentaje de plántulas anormales; confirmando lo descrito por Hampton, (1995) a medida que declina la calidad de las semillas, incrementa el número de plántulas anormales.

Semilla sin germinar

En cuanto a la variable semillas sin germinar (SSG), la prueba de comparación de medias reflejó únicamente tres grupos estadísticos; donde AN-375, AN-366, AN-345 y AN-398 quienes resultaron con el mayor porcentaje entre el 7 y 10 % y con el más bajo porcentaje de germinación como se muestra en la Cuadro 4.8, además de haber obtenido altos valores en la CE; corroborando lo descrito por Hampton, (1995) a medida que declina la calidad de las semillas, incrementa el número de semillas muertas; confirmando una reducción del vigor y la germinación a causa del deterioro de las membranas celulares aumentando el porcentaje de semillas sin germinar, que redundará en la pérdida de la capacidad de retención de solutos, lo que se considera como el primer paso hacia el deterioro de la calidad fisiológica de la semilla como lo menciona Santos *et al.* (2005).

Así mismo se formó un segundo grupo con Pelón colorado y AN-373 con 4 % ambos, al igual que los tres últimos del primer grupo, siendo el testigo Candeal (1 %) quien formó el último grupo estadístico, siendo el mejor.

Por otra parte si el potencial osmótico de la solución es más grande que el potencial de crecimiento del embrión, la germinación de la semilla no ocurre (Baskin y Baskin, 1998), lo

que coincide con los resultados encontrados en este estudio, ya que el potencial esta medido precisamente por la CE y la respuesta de germinación fue inversa, por ejemplo en AN-375 que resultó con la mayor CE y mayor porcentaje de semillas sin germinar (Cuadro 4.8); por tanto se piensa que el potencial del agua se dio de manera correcta. Así mismo los porcentajes de germinación encontrados en los materiales genéticos estudiados, señalan la calidad fisiológica de la semilla de manera directa y ofrece información sobre el desempeño de las semillas, cuando este es de baja calidad, como reflejaron AN-375, AN-366 aunque no alcanzaron el nivel que menciona Ferguson (1995), donde la prueba de germinación de un lote que no presente dormición y con 70% de germinación, seguramente se comportará presentando una baja emergencia a campo y se deteriorará rápidamente en el almacenamiento en condiciones desfavorables.

Vigor

En el Cuadro 4.9 se observa el análisis de varianza de los genotipos de acuerdo a las variables. En donde se destaca que existió diferencias significativas en el primer conteo indicando que hubo un comportamiento diferente entre los genotipos y diferencias reales, excepto en longitud media de plúmula, longitud media de radícula y peso seco de plántulas, por lo cual se piensa que los genotipos se comportaron de la misma manera en estas variables; mientras se observa un coeficiente de variación menor del 20%, indicando que existe una mayor homogeneidad o sea que no tiene mucha variabilidad en los valores obtenidos de las variables; por tanto demuestra que el experimento ha sido bien conducido.

Cuadro 4.9 Cuadrados medios del Primer conteo, Longitud media de plúmula, Longitud media de radícula y Peso seco de plántulas

Fuente de Variación	Grados Libertad	1 ^{er} Conteo	Longitud Media de Plúmula	Longitud Media de Radícula	Peso Seco de plántulas
Genotipos	6	834.476**	1.504(NS 76%)	2.033(NS 75%)	1.202(NS 67%)
Error Exp.	21	71.428	1.024	1.397	0.972
Cv %		13.11	9.79	7.94	6.87

*Significativo ** altamente significativo No significativo NS, P: 0.05, 0.01

Primer conteo a los cuatro días después de siembra

Una vez obtenido el análisis de varianza se procedió a hacer una comparación de medias, resultando según el Cuadro 4.10, cinco grupos en esta variable, donde el genotipo AN-345 (85 %) y Candeal (79 %) obtuvieron el mayor porcentaje de plantas normales, este último también formó el grupo dos con AN-398 (71 %) quien a su vez formó el tercer grupo con AN-373 (62 %) incluyéndose en el cuarto grupo junto con Pelón colorado (57 %) y AN-366 (50 %), mientras que estos formaron el último grupo con AN-375 el cual obtuvo el menor porcentaje de germinación a los cuatro días de germinación.

Cuadro 4.10 Comparación de medias del 1er conteo, longitud media de plúmula, longitud media de radícula y peso seco de plántula

Genotipo	X% 1^{er} Conteo	Longitud Media de Plúmula (cm)	Longitud Media de Radícula (cm)	Peso Seco de plántula (mg)
AN-375-09	47.0 E	9.92 B	14.97 AB	14.38 AB
AN-398-09	71.0 BC	10.05 AB	15.26 AB	14.56 AB
PELON C.	57.0 DE	10.40 AB	14.26 AB	13.52 B
AN-373-09	62.0 CD	10.61 AB	15.89 A	15.13 A
CANDEAL	79.0 AB	11.51 A	15.47 AB	13.78 AB
AN-366-09	50.0 DE	9.60 B	13.97 B	14.71 AB
AN-345-09	85.0 A	10.28 AB	14.31 AB	14.26 AB

Resultados con la misma letra no son significativamente diferentes.

El número de plántulas normales contabilizadas a los cuatro días o primer conteo, se considera para cuantificar el vigor (Barros *et al.*, 2002); por lo cual podría decirse que los porcentajes más altos poseen un buen vigor en la semilla, debido a que AN-345 Y Candeal estuvieron en el primer grupo en cuanto a mayor longitud media de plúmula como de radícula, así como de peso seco de plántulas; cabe mencionar que AN-373 superó a las mencionadas solo en LMP y PS, pero no mostraron diferencias estadísticas.

Mientras que el menor porcentaje de germinación en el primer conteo lo presentaron AN-375 y AN-366 quienes formaron el primer grupo en la CE, coincidiendo con Trawatha *et al.*, 1995, quien señala que durante el deterioro, el vigor es el primer componente de la calidad de la semilla que se pierde, mostrándose en la pérdida excesiva de solutos en la

solución, seguido por disminuciones en la capacidad de germinación y en la viabilidad ya que también resultaron con bajo porcentaje de germinación en el conteo a los 7 días.

Longitud media de plúmula

Por otra parte en los resultados para la variable longitud media de plúmula (LMP) se formaron dos grupos infiriendo con mayor longitud en cm, en el primer grupo sobre saliendo el testigo Candeal (11.51), AN-373 (10.61), Pelón colorado (10.40), AN-345 (10.28) y AN-398 (10.05), estos tres últimos formando a su vez el segundo grupo con AN-375 (9.92) y AN-366 (9.60) con una menor longitud de plúmula; es de mencionar que el testigo Candeal con una CE de ($89.2 \mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$), fue uno de los que obtuvo una mayor longitud media de plúmula (12.9 cm) muy parecido a AN-373; mientras que Candeal y AN-373 teniendo la menor CE coincide obteniendo una mayor longitud media de plúmula; al igual que en porcentaje de germinación a los siete días; así como lo describe Hilming *et al.* (2007) donde lotes de semillas con altos valores de altura de planta presentaron bajos valores de conductividad eléctrica, por lo tanto, esta prueba podría ser indicativa del comportamiento de semillas en condiciones de controladas; confirmando con lo descrito por Hampton, (1995) donde a medida que declina la calidad de las semillas, afecta a la altura de plántulas (Prijic *et al.*, 1991).

Longitud media de radícula

Mientras que en la variable longitud media de radícula (LMR), en el primer grupo resultaron los genotipos AN-373 (15.89), Candeal (15.47), AN-398 (15.26), AN-375 (14.97), AN-345 (14.31) y Pelón colorado (14.26) con la mayor longitud media de radícula, sin embargo los últimos seis antes mencionados formaron el grupo dos con AN-366 (13.97) quien obtuvo la menor longitud media de radícula; cabe destacar que AN-373 y Candeal poseen valores bajos de CE y también obtuvieron mayor LMR coincidiendo con Hilming *et al.* (2007) donde altos valores de longitud media de radícula presentaron bajos valores de conductividad eléctrica, ofreciendo una idea del comportamiento de las semillas.

Peso seco de plántula

La siguiente variable peso seco (PS) o tasa de crecimiento en miligramos; únicamente se obtuvieron dos grupos, donde el primer grupo lo formó AN-373 (15.13), AN-366 (14.61), AN-345 (14.26), AN-398 (14.56), AN-375 (14.38) y Candeal (13.78); mientras que los seis últimos mencionados constituyeron el segundo grupo con el testigo Pelón colorado con valor de 13.52 miligramos (Figura 4.6); cabe resaltar que quienes obtuvieron la menor CE Candeal y AN-373 resultaron con el mayor peso seco mg; mientras que AN-375 y AN-366 quienes obtuvieron el mayor valor de CE no mostraron diferencias significativas con el menor valor de peso seco que fue Pelón colorado; corroborando lo mencionado por Hilming *et al.* (2007), quien menciona que bajos valores de conductividad eléctrica se relacionaron con un mayor peso seco tanto de plúmula como de radícula en semilla de maíz; reafirmando con lo descrito por Hampton, (1995) que a medida que declina la calidad de las semillas, es afectada la tasa de crecimiento (Prijic *et al.*, 1991).

Análisis de regresión y correlación

Los análisis de regresión mostraron que las AN-375 y AN-398 mostraron un comportamiento lineal para el volumen de agua absorbido y comportamiento de tipo cuadrático para la tasa de imbibición y la CE, reportando valores de R^2 de 0.986 y 0.981 en la tasa de imbibición respectivamente y de 0.940 y 0.959 en la CE, tal como aparece en el Cuadro 4.11.

En general la correlación entre las variables evaluadas de los diferentes genotipos de trigo, fueron positivas y significativas, así entre la conductividad eléctrica y el volumen absorbido se encontró un valor de $r=0.86$; mientras tanto la correlación entre la tasa de imbibición y la conductividad eléctrica se obtuvo el valor de $r=0.76$; por otro lado la tasa de imbibición y el volumen absorbido resultó el valor de $r=0.90$.

En lo que respecta a la correlación entre la conductividad eléctrica y la tasa de imbibición para cada genotipo sobresalieron AN-366 con $r=0.99$ y AN-373 con $r=0.99$ al igual que los testigos Pelón colorado y Candeal, mientras que los genotipos AN-375 y AN-398 obtuvieron un $r=0.98$, quedando AN-345 con el valor más bajo de $r=0.96$; siendo todos positivos y altamente significativos; según (Zamora *et al.*,2015) dada la alta correlación positiva y significativa entre la Tasa de imbibición y la Conductividad eléctrica cualquiera de ellas puede usarse como indicador de la otra.

Cuadro 4.11 Funciones de respuesta de la tasa de imbibición y conductividad eléctrica, coeficientes de determinación (R^2) y tiempo donde se presentó la máxima respuesta (T. Max.) en genotipos de Trigo (*Triticum aestivum* L.).

Genotipo	Respuesta Volumen Absorbido	R^2	T. Max.
AN-345-09	$6.414 + 0.867X - 0.063X^2$	0.987	6.88
AN-366-09	$2.535 + 1.252X - 0.041X^2$	0.981	15.26
AN-373-09	$3.132 + 1.219X - 0.020X^2$	0.992	30.47
AN-375-09	$0.409 + 1.514X$	0.998	
AN-398-09	$1.163 + 1.411X$	0.993	
Candeal	$4.237 + 0.881X - 0.055X^2$	0.978	8
Pelón colorado	$4.961 + 0.866X - 0.059X^2$	0.992	7.28
Respuesta Conductividad Eléctrica			
AN-345-09	$40.101 + 1.691X - 0.141X^2$	0.954	5.99
AN-366-09	$42.012 + 2.209X - 0.175X^2$	0.999	6.31
AN-373-09	$36.682 + 1.673X - 0.060X^2$	0.989	13.94
AN-375-09	$39.583 + 3.439X - 0.245X^2$	0.940	7.01
AN-398-09	$33.809 + 2.799X - 0.205X^2$	0.959	6.82
Candeal	$38.363 + 0.935X - 0.109X^2$	0.986	4.28
Pelón colorado	$49.428 + 1.056X - 0.119X^2$	0.982	4.43
Respuesta tasa de imbibición			
AN-345-09	$0.313 + 0.014X - 0.001X^2$	0.991	7
AN-366-09	$0.272 + 0.016X - 0.001X^2$	0.998	8
AN-373-09	$0.275 + 0.017X - 0.0009X^2$	0.992	9.44
AN-375-09	$0.289 + 0.016X - 0.0008X^2$	0.986	10
AN-398-09	$0.271 + 0.016X - 0.0009X^2$	0.971	8.88
Candeal	$0.330 + 0.015X - 0.0015X^2$	0.991	5
Pelón colorado	$0.324 + 0.013X - 0.0015X^2$	0.988	4.33

Por otro lado las tasas máximas de imbibición se ubicaron entre los valores de 4.43 a 10 horas, correspondiendo a Pelón colorado y AN-375 respectivamente, indicando que Pelón Colorado es un genotipo que posee una tasa de imbibición alta y AN-375 posee una tasa de imbibición más lenta pero acorde a los reportes que sugieren al menos ocho horas de hidroacondicionamiento. Por su parte la conductividad eléctrica se ubicó entre 4.28 y 13.94 horas correspondientes al testigo Candeal y AN-373 respectivamente, (Cuadro 4.11); indicando que la lixiviación ocurre más rápidamente en Candeal durante las etapas tempranas de imbibición (Ashraf *et al.*, 2001); es decir la tasa máxima de conductividad eléctrica en varios de los genotipos se presentó antes que se presentara la tasa máxima de imbibición en los genotipos.

Estos resultados caracterizan el genotipo AN-373 como el que obtuvo la máxima tasa de imbibición antes de alcanzar el máximo de conductividad eléctrica; lo cual según lo menciona (Tajbakhsh, 2000) puede deberse a la falta de habilidad para reorganizar rápida y completamente sus membranas celulares durante el inicio de la imbibición.

En este estudio se propone que el tiempo de ocurrencia de la máxima tasa de imbibición pueda considerarse como el tiempo máximo para los tratamientos de hidroacondicionamiento; ya que las semillas ortodoxas durante el desarrollo, cerca de la madurez, presentan la capacidad de reducir el contenido de agua de los tejidos sin afectar la viabilidad; conociéndose como tolerancia a la desecación (Rangel *et al.*, 2011); o capacidad de las semillas para germinar después de un secado rápido (Bewley, 1995). Pudiendo reducir el contenido de agua hasta 50 g H₂O kg⁻¹ y almacenarlas por periodos mayores a un año sin tener descensos en el porcentaje de germinación (Egli y Tekrony, 1997); aunque se sugiere realizar estudios posteriores y realizar conclusiones, con respecto a los resultados a campo abierto; por otra parte en la evaluación se utilizó agua desionizada como solución de imbibición; pero también existen tratamientos para el pre-acondicionamiento de semillas que permiten reducir el tiempo entre la siembra y la emergencia de plántulas y mejoran aún más la sincronización de emergencia en el campo (Sánchez *et al.*, 2001).

V. CONCLUSIONES

El preacondicionamiento de la semilla busca iniciar el proceso de germinación sin llegar a concluirlo al iniciar la protrusión, siempre y cuando se lleve a cabo la primera fase del proceso, la imbibición de la semilla, manifestando ciertos aspectos de su fisiología, dadas a las siguientes conclusiones de los genotipos estudiados:

Los genotipos AN-375, AN-398 y AN-366, absorben mayor cantidad de agua en tiempos 18 a 16 horas; mientras que las variedades comerciales, Pelón colorado, Candéal y el genotipo AN-345 absorben menos volumen de agua a un tiempo de 12 horas.

La variedad Candéal tiene mayor potencial en la tasa de imbibición y menor valor en la conductividad eléctrica, mismo efecto se dio en Pelón colorado y AN-373; marcando una relación entre la tasa de imbibición y la conductividad eléctrica, mientras aumenta la tasa de imbibición disminuye la conductividad eléctrica.

La variedad Candéal, Pelón colorado y AN-373 obtuvieron el mayor porcentaje de germinación, marcando una relación entre la conductividad eléctrica y el porcentaje de germinación, en la cual, a medida que la conductividad eléctrica aumenta, el porcentaje de germinación decrece.

La conductividad eléctrica tiene una relación con la calidad o vigor de los genotipos de trigo, debido que a menor valor de conductividad eléctrica, se obtuvo una mayor longitud media de plúmula, mayor longitud media de radícula y peso seco.

La variedad Candéal generó por su mayor tasa de imbibición, mayor porcentaje de germinación; mientras que AN-366, AN-398 y AN-375 con menor tasa de imbibición reflejan un porcentaje mayor de semillas muertas.

Las variedades comerciales Candeal y Pelón colorado resultaron con los mejores tiempos de tasa máxima de imbibición, seguidos del genotipo AN-345 siendo este de la progenie de pelón colorado.

Adicionalmente, se logró detectar que los valores máximos de conductividad eléctrica se pueden presentar antes de evaluar las tasas máximas de imbibición, permitiendo determinar el valor de una de ellas en razón de la otra en diferentes tiempos; de no cumplirse lo anterior puede deberse a la falta de habilidad de las membranas.

VI. LITERATURA CITADA

- Alizaga R; 1989. Avalicao de testes de vigor emsementes de feijao e sus relacoescom a emergencia a campo. Tesis M. Sc. Rio Grande do Soul, Universidade Federal de Pelotas, Facultad de Agronomía, 62 Pág.
- Argentel L. M. González y Plana R. 2006, Respuesta de 12 variedades de trigo a la salinidad en las etapas iniciales del crecimiento, Rev. Cultivos Tropicales, vol.27, no.3, p 41-44.
- Ashbell G; W. Z. G. 2001.Ensilaje de cereales y cultivos forrajeros en el trópico. In: Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos; Mannetje, L.'t, (ed.). Estudio FAO producción y protección vegetal, N° 161. FAO, Roma.
- Ashraf M, Nassin F. And HussainMM, 2001, "Efflux of inorganic ions in leachates of wheat seeds".OnLine Journal of Biological Sciences Vol.1.N° 1, pag 1-3.
- Australian G. February 2008, The biology of Triticum aestivum L. emthell (bread wheat), Departament of Health and Ageing-Office of the Gene Technology Regulator.
- Azcon B. y Talon M. 1993. Fisiología y bioquímica vegetal. Ed. McGraw-Hill Literamericana, España. Cap. 20
- Barros D. S.S., M., Ramos S. y QueirozM.2002. Qualidade de semente de maxixearmazenadasem diferentes embalagens e ambientes. Rev. CiênciaAgrotec. 2(3), 539-544.
- Baskin C.C. y Baskin M. J. 1998. Seed ecology biogeography and evolution of dormancy and Germination. Academic Press. USA. pp. 35.
- Bewley J. D. 1995. Physiological aspects of desiccation tolerance. A retrospect. J. Plant Sci. 156:393-403.
- Bewley J. D. and Black M. 1983. Physiology and biochemistry of seeds in relation to germination. Volume 1: Development, germination, and growth. Second edition. Berlin, Germany. Springer-Verlag. 306 p.
- Bewley J. y BlackM. 1982. Physiology and biochemistry of seeds in relations to germination.Vol. 2.Viability, dormancy and environmental control. Springer-Verlag, Berlin.
- Booth D. T; & Bai, Y. 1999. Imbibition temperature affects on seedling vigor: In crops and shrubs. Journal of range management, 52 (5), p. 534-538.
- Bradford K. J. 1995, Water Relations in Seed germination, Ed By J. Kigel and G. Galili; New York, Basel, Hong Kong, Marcell Deker, Inc. p.351-396.
- Breth S.A. 1975.Trigo duro: nueva era para un cultivo antiguo, CIMMYT, serie N° 2, pág. 1-18.

- Buitink J. V; Satour, B. L. P. and Leprince O. 2003. The re-establishment of desiccation tolerance in germinated radicles of *Medicago truncatula* seeds. *SeedSci. Res.* 13:273-286.
- Can C. Á., Guerrero R., Guadalupe L., Ortega E., H. M., Cruz C. E., Flores R. D. & Madueño M. A. 2014. Germinación y crecimiento de plántulas de *Phaseolus vulgaris* L. en condiciones de salinidad. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5 (5), 753-763.
- ChaiJianfang, Rong Y. & Yiyang D. 1998. Optimum moisture contents of seeds stored at ambient temperatures. *Seed Science Research (United Kingdom)* (1998).
- Clerk E.J. M., Blanketing-De V. H., Rays, G.J., Groot, S.P.C., and Koornneef, M. 2003. Characterization of green seed, an enhancer of *abi3-1* in *Arabidopsis* that affects seed longevity. *Plant physiology*, 132 (2), 1077-1084.
- Correa J. 1990. El proceso de la germinación. Seminario taller sobre investigación en semillas, (18).
- Courtis Azul, 2013, Germinación de semillas, cátedra de Fisiología vegetal, Departamento de biología de UNNE, pág. 7.
- Doijode Sd. 1995. Short term conservation of mango seed. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 104: 24- 25.
- Domínguez S., Domínguez A., González A, & Navarro S. 2007. Cinética de imbibición e isotermas de adsorción de humedad de la semilla de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.). *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 6(3):309-316.
- Doria J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 00-00.
- Egli, D. B. and Tekrony, D. M. 1997. Species differences in seed water status during seed maturation and germination. *Seed Sci. Res.* 7:3-11.
- FAO, 2015, Comisión de Recursos Genéticos para la Alimentación y la Agricultura Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Directrices voluntarias en apoyo de la integración de la diversidad genética en la planificación nacional de la adaptación al cambio climático, trabajo numero: 14,940, pág. 11-12.
- Farias, R. M. J.; Buitink, J.; Van L., A. A. M. and Hilhorst, M. W. H. 2005. Changes in DNA and microtubules during loss and re-establishment of desiccation tolerance in germinating *Medicago truncatula* seeds. *J. Exp. Bot.* 418:2119-2130.
- Ferguson, J. 1995. An introduction to seed vigour testing. In: *Seed Vigour Testing Seminar*, Copenhagen. [Proceedings...] Zurich : International Seed Testing Association, p. 1-9.
- García Breijo j; Rosello C. J; Santamarina S. M. P; 2001, *Iniciación a la fisiología de las plantas*, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, pág. 164-165.
- Gómez C. C. 2006. *Preservación a largo plazo de la semilla: los estándares actualizados son urgentes* Monografías ETSIA, Univ. Politécnica de Madrid, 168: 1-4.

- Gotardo M., Vieira R. D. y Pereira L. M. A. 2001. Teste de condutividade elétrica em sementes de milho. *Revista Ceres* 48(277): 333-340.
- Hampton J. 1995. Methods of viability and vigour testing: a critical appraisal. In *seed quality: Basic Mechanisms and Agricultural Implications* (ed. A.S. Basra) pp. 112-152. Food Products Press. New York.
- Heydecker W., Higgins J., Gulliver R. L. 1973. Accelerated germination by osmotic seed treatment nature 246:42-44.
- Hilmig V. & Mendez N., J. R. 2007. Relación de la calidad fisiológica de semillas de maíz con pH y conductividad eléctrica. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias*, vol. 39 (2), p. 91-100.
- INIFAP, 1996, Guía para la producción de trigo en el estado de Coahuila, Folleto para Productores numero 3.
- Khan A.A. Kirsten C.M., Levee E.F., Roe C.H., 1979. Preconditioning of seed to improve performance. In: *Plant regulation and world agriculture*, Ed. By T.K. Scott, Plenum, New York, p. 395-413.
- Khan A.A., 1992, Preplant physiological seed conditioning. *Hort. Rev.* 14: 131-181.
- Layne G., J. A. & Méndez N.J. R. 2006. Efectos de extractos acuosos del follaje del corocillo (*Cyperus rotundus* L.) sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plántulas de ajonjolí (*Sesamum indicum* L.) CV. Arapatol S-15. *Idesia (Arica)*, 24(2), 61-75.
- LePrince O., Harren F. J. M.; Buitink J., Alberda M. & Hoekstra F. A. 2000. Metabolic dysfunction and unabated respiration precede the loss of membrane integrity during dehydration of germinating radicles. *Plant Physiol.* 122:597-608.
- Mápula L. M., Upton L. J., Hernández V. J. y Livera H. A. 2008. Germinación y vigor de semillas en *Pseudotsuga menziesii* de México. *Ra Ximhai*, Vol. 4. Número 1, pp. 119-134.
- McDonald M.B. 2000, Seed Priming, In: *Seed Technology and its biological basic*, Ed. By M. Black and J.D. Bewley, Sheffiet, Academic Press, p. 286 - 325.
- Méndez N., J. R., Merazo Pinto, J. F., & Montañó M., N. J. 2008. Relación entre la tasa de imbibición y el porcentaje de germinación en semillas de maíz (*Zea mays* L.), caraota (*Phaseolus vulgaris* L.) y quinchoncho [*Cajanus cajan* (L.) Mill]. *UDO Agrícola*, 8, 61-66.
- Montes de G., V. 1990. Causas bioquímicas del bajo poder germinativo de semillas. pp. 109-110. En: Triviño-Díaz, T. y L.F. Jara (comps.). *Memorias del seminario-taller sobre investigaciones en semillas forestales tropicales*, Bogotá, octubre 26-28 de 1988. Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (Conif), Serie Documentación, Bogotá.
- Moreno, F.; Plaza G. A. y Magnitskiy S. V. 2006. Efecto de la testa sobre la germinación de semillas de caucho (*Hevea brasiliensis* Muell.). *Agronomía Colombiana* 24 (2): 290-295.

- Murcia M., Peretti A., San Martin S., & Pereyra V. 2001. Vigor de semillas y emergencia a campo de girasol (*Helianthus annuus L.*) en siembras anticipadas en el sudeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Rev. Bras. Sem*, 23(2), 263.
- Nicasio A.S., Sánchez C M. E., Orozcos A., Gamboa-de B. A., 2011, Efecto del preacondicionamiento y el sustrato salino en la germinación y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays*) raza Chalqueño, pág. 196-205.
- Niño Palacio, D. E., & Cotrino S., E. R. 2015. Análisis del comportamiento ecofisiológico y la germinación en Tomate de árbol *Solanum betaceum*, material Naranja común, en el Municipio de Pasca Cundinamarca (Doctoral dissertation).
- Peña Bautista R. J., Pérez H. P., Villaseñor M. E., Gómez V. M. M., Mendoza S. M. A. 2008. Calidad de la cosecha de trigo en México: Ciclo primavera-verano del 2006. CIMMYT.
- Pérez J; Borel y Bertsch R. 1984. Elementos prioritarios en la nutrición mineral de *Leucaena leucocephala (Lam)*, en un suelos acido de Costa Rica, Turrialba, 34 (1), pp. 91-98.
- Powell, A. A. 1988. Seed vigour and field establishment. *Advances in Research and Technology of Seeds*. 11: 29-61.
- Prijic L., Jovanovic, M. & Popovic, R. 1991. Effect of abnormal seedling on major characters and grain yield in soybean. *SeedSci & Technol*. 19: 67-71.
- Rangel F. M. A., Córdova T. L., & Cárdenas S. E. 2014. Pérdida de tolerancia a la desecación durante la imbibición-germinación en semillas de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(5), 833-845.
- Reynolds M., A. Slafer G., M. J. Foulkes., Berry P., Parry M A. J., Snape J.W. & Angus W.J. 2009. Raising yield potential in wheat. *Journal of Experimental Botany*, vol. 60, no. 7, pp. 1899-1918. ISSN 1460-2431.
- Salinas R. A., Yoldjian A. M., Craviotto M. R. y Visaro V. 2001. Prueba de vigor y calidad fisiologica de semillas de soya. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(2), 371-379.
- Santos C.M., Menezes N.L. y Villela F.A. 2005. Physiologic and biochemical alterations in artificially aged bean seeds. *Rev. Brasil. Sementes* 27(1), 104-114.
- Shewry P.R. 2009. Wheat. *J.Exp. Bot.* 60: 1537-1553.
- Silva S. R. A., 2008, INIFAP Campo experimental Zaragoza, Coahuila S-92, Trigo para producción de forraje, pág. 1-2.
- Suárez D. & Melgarejo L. M. Primera edición 2010. Goth's Imágenes Taller Editorial, p. 14.
- Tajbakhsh M., 2010. Relationships between electrical conductivity of imbibed seeds leachate and subsequent seedling growth (viability and vigour) in Omid wheat, *J. Agr. Set. Tech.* Vol.2, p. 67-71.
- Taylor A.G., Allen P.S., Bennett M.A., Bradford K.J, Burris J.S., Misra M.K, 1998, Seed enhancements. *Seed Scient Research* 8:245-256.

- Trawatha S.; Tekrony, D. & Hidebrand, D. 1995. Relationship of soybean seed quality of fatty acid and C6 aldehyde levels during storage. *Crop Sci.*, 35:1415-1422.
- Vieira R.; Neto A; Mudrovitsch S. & Panobianco M. 2004. Electrical conductivity of the seed soaking solution and soybean seedling emergence. *SciAgric. (Piracicaba, Braz.)*, vol 61, n 2: 164-168.
- Villaseñor M. H. E. & Espitia R. E. 2000. El trigo de temporal en México. Chapingo, Estado de México, SAGAR, INIFAP, CIRCE, Campo experimental Valle de México. Pág.7, 15-17.
- Walters C; Farrant M. J.; Pammenter N. W. and Berjak N. 2002. Desiccation and damage. In: Black, M. and Pritchard, H. W. (Eds.). *Desiccation and survival in plants. Drying without.*
- Walters C; Kameswarw N. & Hux. 1998. Optimizing seed water content to improve longevity in ex situ genebanks. *Seed Science Research*, 8: Supp. No.1, 15-22.
- Zamora V.V. M., Valdés H.M., Torres T.M., Colín R.M y Jaramillo S.M. 2015. Conductividad eléctrica y tasa de imbibición de semillas de trigos forrajeros. *Compendio investigativo de Academia journals*, pág. 62-14 – 62-18.
- CANILMOT, 27 de Octubre del 2012. En línea. <http://www.canimolt.org/trigo/tipos-de-trigo/estados-unidos>. Actualización: 08 de julio del 2015.
- CONAGUA y SFCI, 13 de Enero del 2011. En línea. <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-093-SCFI-2000.pdf>. Actualización: 03 de Diciembre del 2012.
- FAO, 05 de Junio del 2013. En línea. <http://www.fao.org/statistics/es/>. Actualización: 08 de Noviembre del 2015.
- FAOESTAT, 18 de Enero del 2015. En línea. http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E. Actualización: 5 de Septiembre del 2015.
- Financiera Rural, 15 de mayo del 2014. En línea. [http://www.financiarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Trigo%20\(may%202014\).pdf](http://www.financiarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Panorama%20Trigo%20(may%202014).pdf). Actualización: 08 Noviembre del 2015.
- Infoagro, 01 de Febrero del 2002. En línea. <http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>. Actualización: 04 de Noviembre del 2015.
- SAGARPA, 06 febrero, 2011. En línea. http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/GRANOS.pdf. Actualización: 11 de Diciembre del 2015.
- SIACON-SIAP, 2014. En línea. <http://www.siap.gob.mx/cierre-de-la-produccion-agricola-por-estado/>. Actualización: 07 de Mayo del 2015.
- OEIDRUS B.C; GOBBC; SAGARPA, 01 Abril, 2002. En línea. <http://www.oeidrusbc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Mundial/Nacional2.pdf>. Actualización: 31 de marzo del 2010.

USDA&ForeingAgriculturalService, 12 de Enero del 2016. En línea.
<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/grain-wheat.pdf>. Actualización: 21 de Septiembre del 2015.