

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Respuesta Fisiológica de Tres Cereales Sometidos a Diferente Tiempo de Imbibición y Tipo de Secado.

Por:

CARLOS GARCÍA GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Respuesta Fisiológica de Tres Cereales Sometidos a Diferente Tiempo de
Imbibición y Tipo de Secado.

Por:

CARLOS GARCÍA GONZÁLEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría.


Dr. Víctor Manuel Zamora Villa
Asesor Principal


M.P. María Alejandra Torres Tapia
Coasesor


M.C. Modesto Colín Rico
Coasesor


Dr. José Antonio González Fuentes
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Diciembre del 2020



AGRADECIMIENTOS

A Dios.

Por haberme permitido culminar esta etapa importante en mi vida a pesar de todos los obstáculos que se presentaron a lo largo de la carrera.

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

Por darme la oportunidad de estudiar entre sus aulas y haber adquirido experiencias que hoy en día me han forjado como profesionalista,

A mis catedráticos

A todos los que me dieron cursos en mi carrera profesional, en especial aquellos que me brindaron el apoyo para realizar la presente tesis.

Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

MP. María Alejandra Torres Tapia

M.C. Modesto Colín Rico

A mis Amigos

Por brindarme su amistad y sentirnos como en familia ya que no es fácil estar lejos de casa, por haber pasado momentos de angustia y alegría en momentos difíciles.

DEDICATORIA

A mis Padres.

Sr. Alberto García Blancas

Sra. Jacinta Antonia González García

Por darme todo su apoyo y estar al pendiente de lo que me haga falta, por haber creído en mí y forjado un hombre de bien.

A mi esposa e hija.

Ximena Estefanía García Valencia

Karla Estefani García García

Por estar a mi lado en todo momento e impulsarme a realizar mi meta.

A mis Hermanos

Brenda García.

Alberto García.

Tania García.

Por sus consejos y motivaciones a lo largo de mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	iii
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	viii
I INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	5
Objetivos Específicos	5
Hipótesis.....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA	6
Generalidades del trigo	6
Generalidades del triticale	7
Generalidades de la Cebada.....	9
Calidad de la semilla	10
Vigor.....	12
Secado en la semillas	12
Secado Natural	13
Secado Artificial	13
Proceso de germinación.....	14
Imbibición	15
Activación enzimática.....	16
Crecimiento del embrión	16
Pre-acondicionamiento.....	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20

Ubicación del sitio Experimental.....	20
Material Genético	20
Metodología.....	20
Tratamientos de imbibición.....	21
Tratamientos de secado	21
Variables evaluadas	22
Capacidad de germinación.....	23
Plántulas Normales (PN).....	23
Plantulas Anormales (PA)	23
Semillas sin germinar (SSG)	23
Pruebas de Vigor.....	24
Longitud Media de Plúmula (LMP)	24
Longitud Media de la Radícula (LMR)	25
Emergencia en invernadero	25
Diseño Experimental	26
Análisis Estadístico	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
Capacidad de germinación.....	28
Capacidad de Vigor.....	35
Emergencia de Plántulas en Invernadero.....	43
V. CONCLUSIONES	53
VI. LITERATURA CITADA.....	54

INDICE DE CUADROS

Cuadro 3.1 Identificación de genotipos	20
Cuadro 3.2 Etiquetado del material con el que se trabajó en la investigación, tipo de secado, genotipos y tiempo de imbibición	22
Cuadro 4.1 Cuadrados medios de las fuentes de variación y su nivel de significancia de las variables capacidad de germinación plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG)	28
Cuadro 4.2 Comparación de medias entre los Tipos de Secado dentro de las variables que determinan capacidad de germinación.....	29
Cuadro 4.3 Comparación de medias de los genotipos dentro de las variables capacidad de germinación.....	31
Cuadro 4.4 Cuadrados medios de las fuentes de variación y su nivel de significancia de las variables de vigor.....	36
Cuadro 4.5 Comparación de medias de los tipos de secado dentro de las variables de vigor	36
Cuadro 4.6 Comparación de medias entre genotipos en las variables de vigor	39
Cuadro 4.7 Cuadrados medios y su nivel de significancia de emergencia de plántulas en invernadero	44
Cuadro 4.8 Comparación de medias de los conteos en las plántulas emergidas en invernadero	44
Cuadro 4.9 Comparación de medias entre los tipos de secado en las plántulas emergidas en invernadero.....	45
Cuadro 4.10 Comparación de medias entre genotipos en las plántulas emergidas en invernadero	47

INDICE DE FIGURAS

Figura 4.1 Interacción tiempos de imbibición dentro de los tipos de secado para las variables de capacidad de germinación (%).....	30
Figura 4.2 Interacción genotipos * tipos de secado en las variables de capacidad de germinación.....	32
Figura 4.3 Interacción genotipos * tiempos de imbibición (tipo de secado) en el porcentaje de plántulas normales.....	33
Figura 4.4 Interacción genotipos * tiempos (tipo de secado) en el porcentaje de plántulas anormales	34
Figura 4.5 Interacción genotipos * tiempos (tipo de secado) en el porcentaje de semillas sin germinar.....	35
Figura 4.6 Interacción tiempos de imbibición * tipos de secado de longitud media de plúmula (LMP, cm/plántula) y longitud media de radícula (LMR, cm/plántula)	37
Figura 4.7 Interacción genotipos * tipos de secado dentro de longitud media de plúmula (LMP, cm/plántula) y longitud media de radícula (LMR, cm/plántula)	40
Figura 4.8 Interacción genotipo * tiempo (tipo de secado) en la longitud media de plúmula (cm/plántula)	42
Figura 4.9 Interacción genotipos * tiempos (tipo de secado) en la longitud media de radícula (cm/plántula).....	42
Figura 4.10 Interacción tiempos de imbibición dentro de los tipos de secado en las plántulas emergidas en invernadero (%).....	46
Figura 4.11 Interacción conteos * tipos de secado en las plántulas emergidas en invernadero (%).....	48
Figura 4.12 Interacción conteos * tiempos de imbibición dentro de los tipos de secado en las plántulas emergidas en invernadero (%).	49

Figura 4.13 Interacción tipos de secado * genotipos en las plántulas emergidas (PE) en invernadero (%).....	50
Figura 4.14 Interacción conteos * genotipos en las plántulas emergidas en el invernadero (%).....	50
Figura 4.15 Triple interacción genotipo*tiempo (secado) en las plántulas emergidas en invernadero (%).....	51

RESUMEN

El hidroacondicionamiento de semillas permite mejorar la germinación y vigor tanto en laboratorio como en campo, por lo que en la presente investigación tuvo como objetivo evaluar cinco genotipos de tres especies de cereales, tres genotipos de trigo, un genotipo de cebada y uno de triticale, sometidos a imbibición con agua desionizada durante diferentes tiempos (cero-testigo, cuatro, ocho y doce horas). Además se consideraron dos tipos de secado una vez imbibida la semilla, un secado natural, exponiendo las semillas a temperatura ambiente y ventilación en condiciones de laboratorio; y secado artificial, exponiendo las semillas en una estufa de aire forzado con temperatura $35 \pm 1^\circ\text{C}$, ambos tipos de secado se detuvieron hasta alcanzar en la semilla un contenido de humedad entre 9-12%. Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones para evaluar la respuesta fisiológica mediante porcentaje de germinación y vigor en laboratorio, en tanto que para la emergencia en invernadero se usaron dos repeticiones, analizando los resultados como un trifactorial con anidamiento en arreglo completamente al azar. Los tiempos de imbibición favorecieron la germinación en laboratorio, respecto a los tipos de secado, en esta evaluación se comportaron similar, obteniéndose tiempos de imbibición ideales para los genotipos entre 8 y 12 horas. En la evaluación de vigor mediante la variable longitud media de la plúmula (LMP) se observó un efecto significativo, el secado se mostró a favor del tipo natural observándose en la variable LMP un tiempo de imbibición ideal de 4 horas para los genotipos Huerfanita y AN-366-09, 8 horas de imbibición para el genotipo AN-373-09 y 12 horas para los genotipos AN-263-99 y GABYAN-95. Para la variable longitud media de radícula (LMR) se obtuvo un tiempo ideal de imbibición para la mayoría de los genotipos con 4 horas a excepción de GABYAN-95 y AN-263-99 que a las 12 horas obtuvieron mejor resultado. Los tiempos de imbibición no ayudaron a que los genotipos emergieran más rápido en el invernadero, pero se observó que los tipos de secado se diferenciaron a favor del secado artificial.

Palabras clave: Hidroacondicionamiento, genotipos, imbibición, secado, respuesta fisiológica, longitud media de plúmula y radícula (LMP y LMR).

I INTRODUCCIÓN

Se menciona, que el trigo (*Triticum aestivum* L.) es originario de Mesopotamia, específicamente de Siria, Jordania, Turquía e Iraq; es uno de los cereales más producidos globalmente, junto con el maíz y arroz proporcionan la mayor cantidad de calorías consumidas en los países subdesarrollados y ocupan más de 190 millones de hectáreas, pues resultan importantes para la alimentación humana y animal, influyendo directa e indirectamente en la cadena alimenticia que los humanos pueden tomar (CIMMYT, 2004).

Es una especie que tiene un amplio rango de adaptación, crece y se desarrolla en ambientes muy diversos y puede sembrarse tanto en invierno como en primavera, lo que, unido a su gran consumo, ha permitido que se extienda a muchas partes del mundo (Plana *et al.*, 2006)

Este cultivo fue introducido a México en el siglo XVI durante la conquista española y para lograr su arraigo pasó por diversas etapas, siendo Puebla el primer estado donde se sembró, inclusive se le llegó a denominar el granero de la ciudad de México, desde este punto las siembras avanzaron hacia la zona norte y con la generación de nuevos asentamientos humanos se permitió la expansión de este cereal (SAGARPA, 2015).

La cebada pertenece al género *Hordeum*, dentro de este género se encuentran las especies: *H. vulgare*, L., y *H. distichum*, L., la primera de seis hileras y la segunda de dos hileras, por lo que se considera que el cultivo de la cebada es el más antiguo, con más de 15,000 años bajo el cuidado del hombre y cuyos granos se utilizaron para la panificación incluso antes que el trigo. La cebada tiene ventajas sobre otros cereales del mismo ciclo ya que es vigorosa, resistente a la sequía, a la salinidad y puede cultivarse en suelos marginales; presenta rápido desarrollo, por lo que produce forraje y/o grano en relativamente menor tiempo y costo en comparación con otros cereales (Colín, 2007).

El Triticale, un cultivo nuevo y relativamente desconocido, es el producto de una cruce entre los géneros *Triticum* y *Secale*, su nombre se formó con la mitad de cada uno de los géneros progenitores. Creado por fitogenetistas, más que por el proceso natural de evolución, el triticale lleva la distinción de ser el primer cereal “hecho por el hombre” (Wolff, 1976).

Se ha demostrado que el triticale tiene un potencial de forraje y contenido proteico superior al de la avena, y rendimientos de ensilaje y forraje más altos que los de trigo, centeno, avena y cebada (*Hordeum vulgare* L.) (Varughese *et al.*, 1987; Huebner, 2000). En triticale, el rendimiento y calidad de forraje son más prometedores que la producción de grano (Ward *et al.*, 1994). Asimismo, el triticale presenta mayor tolerancia a factores adversos como sequía, enfermedades foliares, suelos pobres, etc., por lo que presenta mayor rendimiento que otros cereales de grano pequeño, por lo que se le considera una alternativa de producción para áreas de temporal (Rodríguez y Moreno, 1994).

En México, la degradación del medio ambiente y sus cambios están afectando al sector agrícola, puesto que al establecer el cultivo de trigo en zonas temporaleras existen problemas con sequias perjudicando el aseguramiento del cultivo en la germinación y emergencia, así mismo en zonas templadas al realizar la siembra del cultivo, por presencia de bajas temperaturas las semillas demoran de igual manera en germinar y emerger, para mejorar el comportamiento germinativo de especies agrícolas se utilizan tratamientos pre germinativos de las semillas para la revigorización de semillas envejecidas y el aumento de la velocidad en la germinación y rendimiento de las plantas en condiciones óptimas y adversas (Bradford y Nonogaky, 2007).

El deterioro de las semillas está relacionado con su edad, el contenido de humedad y las condiciones de almacenamiento. El deterioro disminuye el porcentaje de germinación, la velocidad de crecimiento de plántulas débiles o de bajo vigor características que son evidentes durante el establecimiento de la plántula en campo (Veselova y Veselovsky, 2003)

Para contrarrestar los efectos negativos del proceso degenerativo de las semillas se han empleado diversos tratamientos con éxito parcial en diferentes especies, como la pre hidratación con agua o con reguladores de crecimiento esto para mejorar la capacidad germinativa y el vigor (Butola y Badola, 2004; Afzal *et al.*, 2005; Herrera *et al.*, 2011).

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 respiración de la misma semilla; mismo que puede ser utilizado como una tecnología de pre acondicionamiento, el cual es un tratamiento pre germinativo 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 pre germinativos promueven la sincronización e incrementan la velocidad de germinación de la población de semillas (McDonald, 2000; Sánchez *et al.*, 2001; Butola y Badola, 2004).

Harris (2006), comenta que una vez sembrada la semilla pasa una gran cantidad significativa de tiempo absorbiendo agua de la tierra, al reducir este tiempo al mínimo, las semillas se pueden hacer germinar y las plántulas emergen más rápidamente. Los agricultores pueden preparar sus semillas si conocen los límites de seguridad, el periodo máximo de tiempo que las semillas se pueda remojar, las cuales, si se exceden, podrían causar un daño a las plántulas, estos límites de seguridad se pueden calcular para cada variedad de modo que la germinación no tendrá lugar antes de la siembra después de que hayan quitado las semillas del agua.

El secado es el método universal de acondicionar los granos por medio de la eliminación del agua hasta un nivel que permita su equilibrio con el aire ambiente, de tal forma que preserve su aspecto, sus características de alimentos, su calidad nutritiva y la viabilidad de la semilla. El método de secado generalmente es el principal factor que determina la selección de otros componentes del sistema de manejo de granos.

En los países en desarrollo, los métodos disponibles para secar los productos agrícolas a nivel del agricultor están limitados, la mayoría de las veces, al uso de una combinación de radiación solar y el movimiento natural del aire ambiente: o sea, el secado natural. Otros métodos de secado son, en cierto modo, complejos y requieren de una mayor experiencia y esfuerzo de parte del agricultor, estos corresponden al secado artificial (Arias, 1993).

Por lo anterior, en el presente trabajo se estudió el comportamiento fisiológico de la semilla de tres genotipos de trigo, un genotipo de triticale y un genotipo de cebada, proporcionadas por el programa de cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, sometiendo a tratamiento de imbibición y dos tipos de secado, donde la información generada servirá para contribuir en investigaciones de pre acondicionamiento, por ello se plantearon los siguientes objetivos general y específicos:

Objetivo General

Evaluar la respuesta fisiológica de la semilla de tres genotipos de trigo, un genotipo de cebada y uno de triticale sometidos a diferente tiempo de imbibición y tipo de secado.

Objetivos Específicos

- ❖ Comparar la respuesta de germinación y vigor de 3 genotipos de trigos (AN-263-99, AN-366-09 y AN-373-09), un genotipo de cebada (GABYAN-95) y un genotipo de triticale (Huerfanita) sometidos a diferentes tiempos de imbibición (4, 8 y 12 horas) y diferente tipo de secado.
- ❖ Determinar el mejor tiempo de imbibición de los genotipos estudiados.
- ❖ Comparar la respuesta de emergencia en invernadero de los genotipos sometidos a diferente imbibición y diferente tipo de secado.

Hipótesis

- ❖ El tiempo de imbibición tiene una relación directa con la germinación de los genotipos y permite obtener el tiempo óptimo de pre acondicionamiento.
- ❖ Al menos un tiempo de imbibición permitirá obtener germinación y emergencia más rápida en los genotipos.
- ❖ El tipo de secado no afecta la respuesta fisiológica a la germinación, vigor y emergencia de los genotipos.

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 medio oriente casi hace 10,000 años, siendo los egipcios quienes descubrieron la fermentación y fueron ellos los primeros en cocinar panes entre 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).

El trigo se ubica taxonómicamente de la manera siguiente de acuerdo con (Robles, 1990):

Clase.....Monocotiledóneas.

Orden.....Graminales.

Familia..... Poaceae.

Tribu..... Triticinae.

Genero..... *Triticum*.

Especie..... *aestivum*.

Según la Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) La producción de trigo nacional para el año 2019 fue un total de 3,243,062.03 t, siendo el principal estado productor Sonora con un 55.09% de la producción total, el segundo es el estado de Guanajuato con un total de 11.16%, en tercer lugar, Baja California contando con 8.34%, en cuarto lugar Sinaloa con 6.27% y quinto lugar Michoacán aportando 5.74%, dichos estados aportan el 86.58% de producción total de trigo. Del total de producción

el 95.01 % fue cosechado en condiciones de riego con 3,082,122.63 t y el 4.99% fue cosechado en temporal con 161,939.40 t.

En México los cinco principales estados productores de trigo en condiciones de temporal son: Tlaxcala mostrando el 1.92% de la producción total observándose 62,251.39 t, siguiendo Nuevo León aportando el 1.05% de producción refiriéndose a 34,149.31 t, Guanajuato muestra .55% de la producción con 17,840.12 t, el Estado de México presenta .37 % con un valor de 12,009.96 t y en quinto lugar zacatecas mostrando .24% obteniendo 7,706.55 t.(Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca [SIAP 2019]).

Generalidades del triticales

Triticales (*X Triticosecale* Wittmack) la palabra triticales se deriva de los nombres de los generos *Triticum* y *Secale* (trigo-*Triticum aestivum*; centeno- *Secale cereale*). Ambos progenitores del triticales pertenecen a la subtribu *Triticineae* de la tribu *Triticeae* (*Hordeae*), familia *Gramineae*, orden *Glumefloreae* de la clase *Monocotiledònea*, (Quiñonez,1967).

Royo (1992) menciona que el triticales es el único cereal cultivado que ha sido fabricado por el hombre. Se trata pues de un cereal sintético, ya que el triticales procede del cruzamiento del trigo y el centeno, de acuerdo con Muntzing (1974) el nombre de triticales fue usado por primera vez en 1935 en un artículo de Lindsmark y Oehler, este nombre fue propuesto por Tschermak, uno de los tres redescubridores de las leyes de Mendel.

El primer reporte de hibridación entre el trigo y centeno fue hecho por un fitomejorador Escoces, llamado Alexander Stephen Wilson en 1876, quien informo a la sociedad botánica de Edimburgo acerca de una planta estéril F₁, resultante de una cruce de trigo con centeno (Romero,1985)

Wolff (1976) dio a conocer un hecho ocurrido en 1967, en Ciudad Obregón, Sonora y descrito por Norman Borlaug como un “Accidente Feliz”, en el que un grano de polen de trigo de las parcelas adyacentes, con una carga genética potente y valiosa fecundó casualmente a una planta estéril de triticale. Un año más tarde (dos generaciones), los investigadores identificaron en el campo varias plantas extraordinariamente prometedoras en una población segregante.

Las progenies subsecuentes de esta cruce indicaron que en el acto de fecundación había sido introducido enanismo e insensibilidad parcial a fotoperiodo y lo más importante, había sido superado la barrera de la esterilidad que por muchas décadas había impedido los avances en el desarrollo del triticale.

Se utiliza principalmente como alimento para animales. En los últimos años, ha habido un creciente interés en utilizar el triticale para la producción de alimentos. Algunos componentes químicos (por ejemplo, almidón y no almidón polisacáridos) de triticale, así como la variabilidad genética en la composición nutricional han sido muy estudiados. Se ha desarrollado diversos productos alimenticios y bebidas de triticale, incluidos productos de panadería (por ejemplo, pan y galletas), pasta, malta, aguardiente, yogur y películas biodegradables y comestibles (Zhu, 2018).

En México durante el año 2019 se produjo 23,039.13 t de triticale donde los tres principales estados productores fueron: Estado de México aportando 67.02 % de la producción total con 15,441.26 t, Tlaxcala con el 29.22 % mostrando 6,733.95 t y San Luis Potosí aportando 1.07 % con 247.5 t. De la producción total el 11.20 % fue cosechado en condiciones de riego y 88.80 % fue cosechado en condiciones de temporal, para este año se mostró solamente dos estados productores en condiciones de temporal, fueron los siguientes: Estado de México quien produjo el 59.57% de la producción total en estas condiciones y el Estado de Tlaxcala aportando el 29.22%.(SIAP, 2019).

Generalidades de la Cebada

La cebada pertenece al género *Hordeum*, dentro de este género se encuentran las especies: *Hordeum vulgare*, L. y *Hordeum distichum*, L. la primera de seis hileras y la segunda de dos hileras por lo que se considera que el cultivo de cebada es el más antiguo, con más de 15,000 años bajo el cuidado del hombre y cuyos granos se utilizaron para la panificación incluso antes que el trigo. La cebada tiene ventaja sobre otros cereales del mismo ciclo ya que es vigorosa, resistente a la sequía, a la salinidad y puede cultivarse en suelos marginales; presenta rápido desarrollo, por lo que produce forraje y/o grano en relativamente menor tiempo y costo en comparación con otros cereales (Colín, 2007)

Poehlman (1981), citó que Vavilov describe dos centros de origen. Uno de ellos; Etiopia y África del Norte, de donde proceden muchas de las variedades cubiertas con barbas largas, mientras que del otro centro; China, Japón y el Tibet, proceden las variedades desnudas, de barbas cortas e imberbes y los tipos de granos cubierto por caperuzas. Gracias a la teoría que propuso en 1926 sobre los siete centros de origen de las plantas cultivadas (Huerga, 2005).

En México el cultivo de la cebada se orienta básicamente a la elaboración de malta para producción de cerveza. La malta se usa también para la fabricación de productos alcohólicos destilados como el whisky, jarabes, en sustitutos de café y algunos alimentos a base de cereales. Algunos de los derivados de malta son subproductos solubles agregables a alimentos balanceados para ganado y aves de corral (Robles, 1976).

Méndez (2004), describió su clasificación taxonómica como:

Reino.....	Vegetal	Grupo.....	Glumiflora
División.....	Tracheophyta	Orden.....	Graminales
Subdivisión.....	Pterosidea	Género.....	<i>Hordeum</i>
Clase.....	Angiosperma	Especie.....	<i>vulgare</i>
Subclase.....	Monocotiledónea		

En México en el año 2019 se produjeron 964,082.55 t de cebada, los cinco principales estados productores son: Guanajuato aportando el 36.20% de la producción total, Hidalgo con el 20.76%, Tlaxcala mostrando el 14.52%, Puebla con 8.57 % y el Estado de México con 7.41%. De la producción total el 42.80% fue cosechado en condiciones de riego y 57.20% cosechado en condiciones de temporal donde los cinco estados principales productores de temporal son: Hidalgo aportando 20.11% de la producción total, Tlaxcala con 14.52%, Puebla mostrando 8.57%, Estado de México produciendo el 7.36% y Zacatecas con 2.73 % (SIAP, 2019).

Calidad de la semilla

En todo cultivo es imprescindible tener en cuenta la calidad de la semilla para su éxito (Doria, 2010). La calidad de la semilla es un término relativo y significa el grado de excelencia cuando se compara con un estándar aceptable (Fernández, 1985). Según Thompson (1979), la calidad de la semilla puede verse afectada por diversas causas:

Pureza físico-botánica. Indica en qué medida una muestra representativa de un lote de semillas, está formada por semillas intactas y sanas de la especie declarada y/o por eventuales componentes denominados comúnmente “impurezas”. Normalmente, las impurezas suelen estar constituidas por piedras, tierra, semillas fragmentadas, restos de origen vegetal y de forma muy especial, por las denominadas “semillas extrañas”, pertenecientes a una o varias y/o cultivares diferentes a la especie principal.

Pureza genética. Garantiza que las semillas pertenecen a un único cultivar (variedad comercial), cuyas características genéticas son conocidas y distintas de los demás cultivares registrados, sin que existan mezclas entre ellos.

Poder germinativo. Expresa el porcentaje de semillas puras que, bajo condiciones favorables de germinación, son capaces de producir plántulas normales. Indica el potencial máximo del lote que cabe alcanzar como consecuencia de realizar la siembra en condiciones óptimas de todo tipo, pero fundamentalmente de humedad,

temperatura y estado sanitario del suelo o del sustrato destinado a la siembra. Es el índice más comúnmente utilizado para estimar la capacidad germinativa de un lote de semillas.

Vigor. Pretende dar información acerca de la respuesta y de la homogeneidad que cabe esperar de un lote de semillas cuando se siembra en condiciones que no son favorables lo que con frecuencia es más habitual para la germinación y la nacencia de las plántulas.

Dormición. También se conoce con el nombre de latencia o estado de reposo durante el cual las semillas son incapaces de germinar, aun en contacto con condiciones favorables para hacerlo, especialmente en lo que se refiere a humedad, temperatura, aireación e iluminación.

Homogeneidad. Como medida de la uniformidad de todos los componentes del lote que responden a las mismas características, preferentemente morfológicas (peso, forma, tamaño, color, etc.). La falta de homogeneidad de un lote puede acarrear problemas en el momento de la limpieza de la semilla, de la siembra o durante la nacencia lo que normalmente repercute sobre su vigor.

Estado Fitosanitario. El estado sanitario de las semillas, como vectores o portadores de inóculo, es de capital importancia a la hora de evitar enfermedades que pueden ocasionar importantes pérdidas en los cultivos, algunas de las cuales pueden afectar fuertemente a las plántulas de los primeros momentos de su establecimiento.

Humedad. Junto a la temperatura, son los factores que más influyen sobre la conservación de las semillas durante el periodo de almacenamiento, las semillas denominadas ortodoxas, a diferencia de las recalcitrantes, se conservan cuando más bajo es su contenido de humedad.

Germinación. El proceso de germinación comprende las etapas de activación del metabolismo, incremento de la respiración, degradación de tejidos de reserva y asimilación, crecimiento del embrión, imbibición, elongación de células y emergencia de la radícula.

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

Vigor

Se define como el conjunto de propiedades que determina el nivel de actividad y capacidad de las semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas (ISTA, 1985); El número de plántulas normales contabilizadas a los cuatro días se considera para cuantificar el vigor (Barros *et al.*, 2002).

Por su parte, la Association of Official Seed Analysts (AOSA, 1983), define el vigor como la suma total de propiedades de la semilla que determinan el potencial para una rápida y uniforme emergencia y desarrollo de plántulas normales bajo un amplio rango de condiciones de campo.

De acuerdo con Isely, (1975); Burris, (1975) y Perry, (1981), fueron los primeros que usaron las diferencias en velocidad de germinación, velocidad de emergencia y longitud de la plúmula, para medir el vigor de las semillas.

Secado en la semillas

El secado de la semilla es fundamental para el proceso de almacenamiento o siembra ya que en caso de no hacerlo la semilla se calentará y respirara provocando calor y humedad por lo que al obtener estos factores la semilla puede germinar y en su defecto se presentarían patógenos e insectos los cuales pudrirían o deterioran la semilla. Hoy

en día se tiene información de cada cultivo donde nos indican cual el contenido de humedad con el cual debe de ser almacenada la semilla, para ello hay diferentes métodos de secado los cuales se describen algunos a continuación.

Secado Natural

Se entiende por secado natural aquel en que el movimiento del aire se realiza por acción de los vientos y en que la evaporación de la humedad se deriva del potencial de secado del aire y de la influencia directa de la energía solar, el secado además de realizarse en la planta, se puede también efectuar en surcos. Para abreviar el tiempo de secado y reducir al mínimo las pérdidas, se puede realizar el secado, por último en terrazas o en secaderos que aprovechan la acción de los vientos y la energía solar. (Dalpasquale *et al.*, 1991).

El uso de la radiación solar para el secado es una de las aplicaciones más antiguas de la energía solar. Fue utilizado desde los albores de la humanidad principalmente para la conservación de alimentos pero también para el secado de otros materiales útiles como telas, materiales de construcción, etc. La primera instalación para el secado por energía solar se encontró al sur de Francia y está fechado alrededor de 8000 a.C, la mayoría de los numerosos diseños de secadores solares disponibles se utilizan principalmente para el secado de diversos cultivos, ya sea para uso familiar o para producción industrial a pequeña escala (Belessiotis y Delyannis., 2011).

Secado Artificial

Se pueden emplear estufas calentadas y ventiladas artificialmente para secar la semilla, especialmente cuando se necesitan grandes cantidades de semilla. Los hornos, que pueden ser de muchos diseños diversos, se basan sobre el siguiente principio; aire caliente circula entre los bastidores en una cámara donde se ha distribuido la semilla. El aire caliente, que deberá ser circulado uniformemente dentro del cuarto, no deberá nunca superar los 50 °C, porque si no la mayor parte de la semilla

moriría. El aire en movimiento deberá ser más seco que la semilla y el aire recargado con humedad deberá ser eliminado de la estufa lo más pronto posible.

El secado previo de la semilla al aire reduce la cantidad de energía necesaria para el secado en estufa, ahorrándose de esta manera en el gasto. Ffolliott y Thames (1983).

Proceso de germinación

Sánchez *et al.*, (2006) definen la germinación, bajo un ensayo de laboratorio, como la emergencia y desarrollo de aquellas estructuras esenciales que provienen del embrión, y que manifiestan la capacidad para producir una plántula normal bajo condiciones favorables: distinguiéndose germinación epigea (en esta los cotiledones son empujados hacia la superficie del suelo, siendo la emergencia, por alargamiento del epicotilo). Para la cuantificación de la germinación, solo se considera las plántulas que se desarrollan normalmente, conocidas como plantas normales, distinguiéndose de las demás: que bien pueden ser plántulas anormales semilla muerta o semilla dura.

En un ensayo de laboratorio, se define la germinación como la emergencia y desarrollo de a partir del embrión de la semilla, de aquellas estructuras esenciales, las cuales indican para la clase de semilla que se está ensayando la capacidad para desarrollarse en planta normal bajo condiciones favorables en el suelo (ISTA, 1985).

Este proceso comprende tres fases sucesivas las cuales son: Fase I (imbibición) es la hidratación de la semilla causando un hinchamiento, la fase II es el inicio de la actividad metabólica y fisiológica, la fase III comprende la división celular que provoca la emergencia de la radícula (Doria, 2010).

Según Hartman y Kester (1987) dividen el proceso de germinación en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

Imbibición

Es un proceso que implica la absorción de agua por los coloides de la semilla seca, la cual suaviza la testa de la misma hidratando al protoplasma, esta absorción de agua depende de:

- ❖ Composición de la semilla: el componente responsable de la imbibición de agua son las proteínas.
- ❖ La permeabilidad de la cubierta de la semilla, la cual es el área por donde entra la humedad de la semilla, aunque también puede ser posible por la testa.
- ❖ La disponibilidad de humedad necesaria para que entre en contacto entre la semilla y el suelo.
- ❖ La temperatura del suelo.

Por otra parte, Méndez *et al.* (2008) mencionan la absorción inicial de agua en la fase 1 (imbibición) es una consecuencia de las fuerzas mátricas (Ψ_m) de las paredes celulares y los contenidos de las células de las semillas así posee latencia o no, es viable o no.

Azcón y Talón (2008), definen la imbibición como la toma de agua por una semilla seca debido a un proceso eminentemente físico. Por su parte Paiva *et al.*, (2006) indica que el movimiento de agua dentro de la semilla se debe a la acción de difusión y capilaridad, el flujo hídrico es de un potencial mayor a uno menor.

La imbibición en las semillas es un proceso fisiológico que inicia con la absorción de agua ocasionando un hinchamiento de estas, aumentando su peso y volumen. Inicialmente este proceso físico (absorción de agua) no depende de la temperatura; sin embargo, una vez que los tejidos embrionarios han sido hidratados, la absorción de agua pasa a ser un proceso fisicoquímico regulado por la temperatura. La imbibición cesa cuando el incremento de peso llega de un 40 % a un 60 % con respecto al peso inicial. La magnitud de la imbibición está determinada por la composición química de

las semillas, permeabilidad de las coberturas y disponibilidad de agua en el medio (López, 2005).

Bidwell (1979), define la imbibición de la semilla como un mecanismo de actuación de procesos bioquímicos, la cual está aplicada en la absorción del agua mediante el movimiento de ésta, de un área de alto potencial hídrico, a otra de bajo potencial. Por su parte Azcón y Talón (2008), definen la imbibición como la toma de agua por una semilla seca debido a un proceso eminentemente físico.

Activación enzimática

Al iniciarse la imbibición, ciertas enzimas empiezan a romper el alimento almacenado (enzimas hidrolíticas como fosfatasa, ribonucleasa, degradación de carbohidratos, lípidos, proteínas, etc.) a formas solubles y las translocan a los puntos de crecimiento del embrión, Hartman y Kester (1987).

Bewley y Black (1983), afirman que la fase II (Activación enzimática) es el periodo de retraso de absorción de agua, cuando el potencial mátrico es alto (menos negativo) como es el potencial osmótico o de soluto ($\Psi\pi$). Semillas muertas y latentes mantiene este nivel de típica hidratación de la fase II, pero al contrario de semillas germinando ellas no entran a la fase III, la cual está asociado con la protrusión de la radícula.

Crecimiento del embrión

La primera evidencia del proceso de germinación es la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla, posteriormente emerge la plúmula al emerger sobre la superficie del suelo inicia el proceso de fotosíntesis, absorción de agua y nutrientes elaborando su propio alimento, con todo este proceso se desarrolla una nueva planta, Hartman y Kester (1987).

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 protrusión radicular o el cincuenta por ciento más uno se presenta es viable entre especies (Rangel *et al.*, 2014).

Pre-acondicionamiento

Una vía fisiológica para incrementar la germinación de las semillas frescas y envejecidas son los tratamientos pre-germinativos de hidratación-deshidratación (Sánchez *et al.*, 1999). Mediante el proceso de imbibición de la semilla en agua o en soluciones diversas es factible mejorar su calidad fisiológica a través de la uniformidad en el porcentaje de germinación (Artola *et al.*, 2003; Sánchez *et al.*, 2007).

Diferentes autores han desarrollado diversos métodos o modelos para acondicionar semillas, utilizando sólo agua como medio de imbibición parcial (Orta *et al.*, 2001), Estos procedimientos activan reacciones metabólicas pre-germinativos que aceleran la germinación, la auto reparación enzimática de las membranas celulares y numerosos mecanismos bioquímicos- fisiológicos de tolerancia al estrés ambiental (Mc Donald, 1999 citado por Montejo, 2002).

El Pre-acondicionamiento es un tratamiento pre-germinativo que se aplica principalmente a semillas agrícolas colocándolas por un tiempo determinado en soluciones osmóticas o en matrices sólidas de manera que pueden absorber agua y solutos e iniciar los procesos metabólicos correspondientes a la fase temprana de la germinación, (Heydecker *et al.*, 1973).

Rashid *et al.* (2006), en su estudio de cebado de genotipo de cebada realizaron experimentos de campo en micro parcelas, en la estación y en la finca y ensayos participativos en varios ambientes, incluidos suelos salinos, salinos-sódicos y normales, en la Provincia de la Frontera Noreste de Pakistán (PFNM) durante varios

años para evaluar el efecto de preparación en los rendimientos de cebada, en general, se encontró que la imprimación aumenta los rendimientos tanto de grano como de paja un producto importante en la agricultura. Los aumentos de rendimiento de grano debido a la preparación fueron de hasta 53% en los ensayos participativos. La duración óptima del cebado fue entre 12 y 16 h.

Harris *et al.*, (2001), encontraron en 12 cultivares de trigo indio (*Triticum aestivum*) reducir casi a la mitad del tiempo el 50% de germinación a 20°C, de 51 h a 27 h, al remojar la semilla en agua durante 8 h antes de la siembra, y sin remojo, tuvieron un retraso de 24 h, destinado a simular el aplazamiento de la siembra; mientras que redujo el tiempo ahorrado por cebada al 16%. La cebada no tuvo efecto sobre el porcentaje de germinación final.

Yagmur y Kaydan (2008), estudiaron efectos de los tratamientos de imprimación de semillas de triticale hexaploide (*X Triticosecale* Wittmack., cv Presto) con una solución de KH₂PO₄ al 0,5 % y agua determinando caracteres de germinación y plántula, además con diferente potencial osmótico utilizando soluciones de NaCl y PEG. Las condiciones de sequía y estrés osmótico salino fueron creadas por separado utilizando PEG 6000 y NaCl, respectivamente, a diferentes potenciales osmóticos (-0.45, -0.77, -1.03 y -1.44 MPa y control). Al potencial osmótico equivalente, los efectos de PEG 6000 fueron más dañino que el NaCl en la etapa de germinación y plántula. El porcentaje de germinación y también el contenido relativo de agua disminuyó con la reducción del potencial osmótico de PEG 6000 y NaCl, pero las proporciones de longitud de la raíz a brote aumentaron con los efectos de estrés osmótico de PEG 6000 y NaCl. A pesar de los efectos negativos de dos condiciones de estrés, los dos tratamientos de preparación fueron eficaz para mejorar el porcentaje de germinación y el crecimiento de las plántulas. Para la semilla preparada el tratamiento fue eficaz a los potenciales osmóticos más bajos: por lo tanto, el crecimiento de las plántulas sobrevivió a concentraciones más altas. En consecuencia, el efecto de hidro imprimación es muy pronunciado particularmente mejorando la germinación y el crecimiento de las plántulas en condiciones de bajo estrés.

Khazaei *et al.*, (2010) realizaron una investigación con el fin de determinar los efectos de la preparación de semillas en los rasgos de germinación de la línea triticalesensible a la sal (ET-82-8) en condiciones de estrés por salinidad. Los tratamientos de cebado se realizaron con agua destilada (Hidro priming) y también diferente potencial osmótico (-1, -1.5 y 2 Mpa) De NaCl y PEG6000 durante 6, 12 y 24 horas en comparación con semillas secas sin tratar, las semillas se cultivaron y secaron después de cebar, luego se plantaron en placas Petri. Los tratamientos de salinidad se aplicaron por diferentes potenciales osmóticos de NaCl (0. -0.5 y 1.5 Mpa.) en germinador con temperatura de 20 °C. Los resultados mostraron que la tasa de germinación, la longitud de la raíz, los brotes y el vigor de la semilla aumentaron significativamente cuando las semillas se hidrolizaron durante 6 horas en condiciones sin estrés salino en comparación con las semillas sin cebado, mientras que el peso de las raíces, brotes y la germinación de las semillas no se vieron afectados, El hidroprimado de semillas durante 24 horas afectó negativamente todos los rasgos tanto en condiciones de ausencia de estrés como de estrés por sal.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del sitio Experimental

El presente trabajo se realizó en laboratorio de producción de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas (CCDTS) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; cuyas coordenadas son 25.354603 Latitud Norte y -101.031962 Longitud Oeste con una altitud de 1742 msnm.

Material Genético

En este trabajo experimental se evaluaron a tres especies de cereales: una variedad de triticale, tres líneas experimentales de trigo y una variedad de cebada, cuyas identificaciones se muestran en la siguiente tabla.

Cuadro 3.1 Identificación de genotipos

Genotipo/ Clave
Triticale Huerfanita
Trigo AN-263-99
Trigo AN-366-09
Trigo AN-373-09
Cebada GABYAN-95

Metodología

Para llevar a cabo el estudio, a cada material genético se le determinó el contenido de humedad inicial de la semilla, mediante un determinador de humedad indirecto, GAC 2100, Grain Analysis Computer; posteriormente, se registró el peso inicial de 100 semillas por material genético, en una balanza analítica de 0.0001 g de precisión marca Explorer Pro Ohaus.

En seguida, se colocaron 200 g de semillas de cada material genético en vasos de precipitado de 500 mL agregando suficiente agua desionizada, hasta cubrir por completo la semilla. Se aplicaron los tratamientos basados en los tiempos de imbibición. Una vez realizadas las imbibiciones de cada material, el total de semillas de cada tratamiento y material, se dividieron en dos partes iguales, y se llevaron a dos tipos de secado, hasta obtener un contenido de humedad de 9-11 %; posteriormente los materiales de cada tratamiento y secado se evaluaron en laboratorio e invernadero.

Tratamientos de imbibición

Los tratamientos consistieron en someter la semilla de cada material genético, en la primera fase del proceso de germinación, en imbibición, en un tiempo de 0 (considerado como el testigo), 4, 8 y 12 horas de exposición en agua destilada, a una temperatura ambiente de laboratorio entre 23 y 26°C, en agitación constante durante cada tratamiento, utilizando un agitador orbital con plataforma Marca LEEX, Equipment, haciendo tres repeticiones por cada material y tratamiento de imbibición. Una vez aplicados tratamientos por cada material genético, se quitó el exceso de agua y se prosiguió a realizar los tratamientos de secado.

Tratamientos de secado

Una vez dividida la semilla de cada material genético y tratamiento, se procedió a realizar los tratamientos de secado, que consistieron en:

- Secado artificial, se utilizó un horno de secado de aire forzado Marca Grainger con una temperatura constante de $35 \pm 1^\circ\text{C}$, colocando la semilla húmeda de cada material genético y tratamiento, en recipientes hechos de malla metálica de 3 mm², con dimensiones de 15 x 15 x 5 cm.
- Secado natural, se realizó exponiendo la semilla húmeda en recipientes de malla metálica, con las mismas características del secado anterior, a la

temperatura ambiente de laboratorio de 23-26 °C y utilizando un ventilador doméstico como aireación.

Se monitorio el contenido de humedad de las semillas, a partir de las cuatro horas hasta llegar a los porcentajes entre 9-12 %, utilizando el determinador Marca GAC 2100 Grain Analysis Computer.

Obtenido el contenido de humedad deseado, las semillas de cada material y tratamiento se almacenaron en bolsas herméticas identificando el genotipo, tiempo de imbibición y tipo de secado, como se describe a continuación:

Cuadro 3.2 Etiquetado del material con el que se trabajó en la investigación, tipo de secado, genotipos y tiempo de imbibición

Secado artificial					Secado natural				
G1-T1	G2-T1	G3-T1	G4-T1	G5-T1	G1-T1	G2-T1	G3-T1	G4-T1	G5-T1
G1-T2	G2-T2	G3-T2	G4-T2	G5-T2	G1-T2	G2-T2	G3-T2	G4-T2	G5-T2
G1-T3	G2-T3	G3-T3	G4-T3	G5-T3	G1-T3	G2-T3	G3-T3	G4-T3	G5-T3
G1-T4	G2-T4	G3-T4	G4-T4	G5-T4	G1-T4	G2-T4	G3-T4	G4-T4	G5-T4

Genotipo: G1=Huerfanita, G2=AN-263-99, G3=AN-366-09, G4=AN-373-09 y G5=GABYAN-95

Tiempo de imbibición: T1= 0 Hrs, T2= 4 Hrs, T3=8 Hrs y T4=12 Hrs

El testigo absoluto para cada genotipo, se identificó como T1 (Cuadro 3.2), no recibió tratamiento de imbibición y tampoco tratamiento de secado.

Variables evaluadas

Los genotipos y tratamientos aplicados, se evaluaron mediante pruebas de laboratorio, mediante la prueba de capacidad de germinación y vigor, así como el índice de emergencia en invernadero.

Capacidad de germinación

Se sembraron de cada material y tratamiento, cuatro repeticiones de 25 semillas sobre papel anchor de 38 x 25 cm humedecido con agua desionizada, colocando cada semilla en una cinta de doble pegamento en la parte central del papel, con el embrión hacia abajo; se cubrió con otro papel húmedo, se enrolló en forma de “taco”, se identificó y colocó al azar cada repetición de manera vertical en una bolsa de plástico; luego fueron llevados a una cámara de germinación Marca Lab-Line, a una temperatura de $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ a 8 horas luz y 16 horas oscuridad durante siete días para su posterior evaluación del número de plántulas normales, plántulas anormales y semillas sin germinar (ISTA, 2004.)

Plántulas Normales (PN)

Se consideraron plántulas normales, aquellas que desarrollaron bien la primera hoja y detectado el coleóptilo lleno, con un tamaño de tres veces el tamaño de la semilla tanto de la plúmula como la radícula, registrando los datos en porcentaje.

Plantulas Anormales (PA)

Se consideraron 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, plántulas con el epicotilo corto, grueso en forma de S ó deformes, registrando los datos en porcentaje.

Semillas sin germinar (SSG)

Fueron todas las semillas sin desarrollar raíz y plúmula. Esto debido a diferentes factores de la misma semilla tanto de latencia e inviabilidad, como de reducción o poder nulo germinativo, ennegrecimiento total o parcial de las semillas y alteración de sus

características nutritivas provocadas por hongos, los cuales se notaron en algunos genotipos evaluados, no causando daños mayores.

Pruebas de Vigor

Se evaluaron las pruebas de clasificación de la plántula, Longitud media de plúmula y longitud media de radícula, así como la emergencia de germinación en invernadero, las cuales se describen a continuación.

Longitud Media de Plúmula (LMP)

Se sembraron cuatro repeticiones de 25 semillas de cada material y tratamiento, sobre papel anchor (38 x 25 cm), trazando líneas paralelas y horizontales cada 2 cm, a partir del centro del papel y denominando el punto medio entre cada línea 3, 5, 7, 9, 11 y 13, colocando las semillas en la primera línea con cinta de doble pegamento y con el embrión hacia abajo, se cubrió con otro papel humedecido y se enrollaron a formar un “taco”, se colocaron en bolsas de plástico y fueron llevados a la cámara de germinación (Lab-Line), con temperatura de 25 ± 1 °C a 8 horas luz y 16 horas oscuridad durante siete días para su posterior evaluación (Moreno 1996).

Se registró el número de las plántulas normales de cada paralela por repetición, enseguida se multiplicó el dato por el valor correspondiente de cada paralela. El resultado de los productos se sumaron y se dividieron entre el número de semillas sembradas (25 semillas) de cada “taco”, descrito en la siguiente fórmula (Moreno 1996).

$$L = \frac{(X_{1n} + X_{2n} + X_{3n} \dots X_{13n})}{N}$$

- L= Longitud media de plúmula por repetición.
- N= Número total de semillas en cada repetición.
- n= Número de plúmulas entre cada par de paralelas.
- X=Distancia media desde la línea central.

Longitud Media de la Radícula (LMR)

Para la determinación de esta variable, se consideraron las plántulas normales resultantes de la prueba (LMP), evaluando diez plántulas al azar de cada repetición por tratamiento, seleccionando la raíz principal, midiendo desde el eje embrionario hasta la terminación de raíz con ayuda de una regla graduada (cm), registrando finalmente el promedio en cm/plántula.

Emergencia en invernadero

Esta evaluación se realizó en condiciones de invernadero, utilizando camas con sustrato tipo limo arenoso estéril de 1 m por 10 m, haciendo dos repeticiones (hilera) por genotipo, tratamiento de imbibición y secado, sembrando treinta semillas con separaciones de 30 centímetros entre cada hilera, proporcionando humedad al suelo cada tercer día. Se contabilizó el número de plántulas emergidas por hilera, haciendo cinco conteos, considerando el primer conteo, a los cinco días después de la siembra (DS), el segundo conteo, a los seis DS, el tercero a los siete DS, el cuarto a los ocho DS, y el último conteo a los nueve DS, todos los datos se registraron y se expresaron en porcentaje.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar con tres repeticiones en la evaluación de las variables de germinación y vigor, mientras que en la emergencia en invernadero solo se usaron dos repeticiones bajo este mismo diseño.

Análisis Estadístico

Los resultados obtenidos de cada variable evaluada fueron capturados en el programa Microsoft Excel, posteriormente se analizaron estadísticamente en el programa SAS Versión 9.0 como un trifactorial con anidamiento en arreglo completamente al azar. Los factores considerados fueron: los tipos de secado, los tiempos de imbibición y los genotipos. Se decidió anidar los tiempos de imbibición dentro de los tratamientos de secado, ya que se contó con un testigo absoluto en los genotipos evaluados. El modelo para este análisis quedó como:

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + TS_{ji} + G_k + GS_{ik} + GTS_{jik} + E_{ijkl}$$

Donde:

Y_{ijkl} = Variable en estudio

μ = Media general del experimento

S_i = Efecto del i-ésimo tipo de secado

TS_{ji} = Efecto del j-ésimo tiempo de imbibición anidado en el i-ésimo tipo de secado

G_k = Efecto del k-ésimo genotipo

GS_{ik} = Interacción del k-ésimo genotipo con el i-ésimo tipo de secado

GTS_{jik} = Interacción del k-ésimo genotipo con el j-ésimo tiempo de imbibición anidado en el i-ésimo tipo de secado

E_{ijkl} = Error experimental

Los promedios de los factores principales se compararon mediante la diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad, la cual funciona mediante el comparador siguiente según Mendoza y Bautista (2002).

$$\text{Comparador DMS} = (\text{valor de tablas}) \sqrt{2\text{CMEE}/r}$$

Donde:

CMEE= Cuadrado medio del error

r= número de repeticiones

y el valor de tablas es el percentil $[100 (1 - \frac{\alpha}{2})]$ de la distribución *t* – *Student* con grados de libertad dados por los grados de libertad del error experimental.

Si r es grande entonces DMS será pequeño y permitirá detectar diferencias significativas, por otro lado si el CMEE aumenta para un r fijo, entonces la DMS es grande y se tiende a no detectar diferencias significativas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Capacidad de germinación

En el Cuadro 4.1 se observan los cuadrados medios del análisis de varianza y su nivel de significancia de las variables para calificar capacidad de germinación, se muestra que la fuente de variación (FV) “tipos de secado” no hubo ningún efecto significativo en las variables de germinación (plántulas normales PN, plántulas Anormales PA y semillas sin germinar SSG), mientras que en la fuente de variación “Tiempos de imbibición anidados en Tipos de Secado” se reportó una alta significancia en PN y PA, mientras SSG no mostró diferencias significativas.

Entre los genotipos también se presentó alta significancia en PN y PA, al igual que en la interacción genotipo x secado, y en ambas fuentes de variación SSG resultó no significativa. En la triple interacción genotipos tiempo (secado) se presentó alta significancia en PN y PA pero SSG no fue significativa. Para esta última variable al parecer los factores estudiados no provocaron variación.

Cuadro 4.1 Cuadrados medios de las fuentes de variación y su nivel de significancia de las variables capacidad de germinación plántulas normales (PN), plántulas anormales (PA) y semillas sin germinar (SSG)

Fuente de Variación	gl	PN	PA	SSG
Secado	2	107.27 NS	11.50 NS	9.21 NS
Tiempo Secado	4	1270.13**	1217.44**	9.73 NS
Genotipos	4	1159.48**	875.99 **	4.28 NS
Genotipos *Secado	8	845.6**	633.84**	9.50 NS
Genotipos Tiempo (Secado)	16	870.46**	558.27**	6.73 NS
Error Experimental	105			

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); NS= No significativo; gl= grados de Libertad

Al realizar la prueba de medias DMS al 0.05 de probabilidad en la fuente de variación tipos de secado, se observó que para las tres variables de germinación PN, PA y SSG se formó un solo grupo estadístico, indicando que los tipos de secado fueron estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 4.2).

Al respecto la ley de las semillas considera un porcentaje de germinación mínimo de 85 % para semilla habilitada, mientras que para semilla básica, registrada y certificada un 90 % (SNICS 2014), por lo que los tipos de secado cumplen con el requisito para semilla habilitada, y permiten afirmar que el secado artificial aplicado a la semilla no provocó efectos adversos a la germinación.

Cuadro 4.2 Comparación de medias entre los Tipos de Secado dentro de las variables que determinan capacidad de germinación

Tipo de Secado	Plántulas Normales (%)	Plántulas Anormales (%)	Semilla Sin Germinar (%)
Testigo	89.200 A	9.600 A	1.20 A
Natural	86.000 A	10.810 A	1.93 A
Artificial	88.130 A	10.66 A	1.20 A

*Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P < 0.05$).

En la Figura 4.1 aparece la interacción tiempos de imbibición dentro de tipos de secado. En la variable plántulas normales (PN) el tipo de secado natural con 89.4% de PN obtuvo diferencia con respecto al secado artificial que mostró 77.4 % a las cuatro horas de imbibición; A las ocho horas de imbibición se observa en esta misma variable que el secado artificial obtuvo 92.2% mientras que el secado natural obtuvo 89.8%, es en este tiempo donde se aprecia la interacción significativa, la cual gráficamente se visualiza como un cruce de líneas, así, a las doce horas de imbibición en el secado artificial se incrementó hasta 94% y el secado natural disminuyó a 78.8%, lo cual contribuyó en gran parte la significancia obtenida en la interacción.

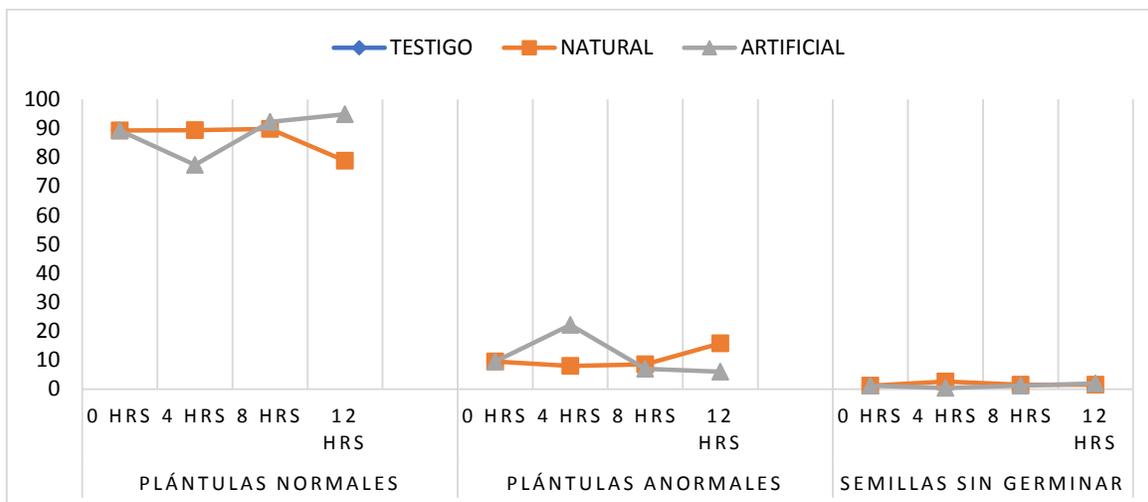


Figura 4.1 Interacción tiempos de imbibición dentro de los tipos de secado para las variables de capacidad de germinación (%)

En la variable plántulas anormales (PA) a las ocho horas se nota nuevamente el comportamiento diferencial en los tipos de secado (Figura 4.1), lo cual explica la significancia encontrada en el análisis de varianza. Gráficamente pareciera que ocho horas de imbibición es un tiempo adecuado para imbibir estos genotipos sin consecuencias en su capacidad de germinación.

Álvarez y Perna (2018) mencionan que el remojo de semillas de algodón durante doce horas se ve beneficiado en aumento de germinación (96%) a comparación de no remojarla (86%), además no recomiendan remojar las semillas durante veinticuatro y cuarenta y ocho horas, ya que el porcentaje de germinación se ve afectado drásticamente, lo cual difiere de lo encontrado en este estudio para el secado natural donde a las 12 horas se tiene una disminución de la germinación, por lo contrario (Kyauk, *et al.*,1995) observo que remojar en agua durante 12 horas y 2 horas semillas de ajonjolí *Sesamum indicum.L* y secarlas durante 24 horas con temperatura de 15 grados obtuvo un aumento de porcentaje germinación mostrando a las 2 horas 92 % y las 12 horas 96 %.

Para semillas sin germinar (SSG), no se visualiza un cruce de líneas, por lo que gráficamente se concuerda con el análisis de varianza donde no se detectó significancia en esta fuente de variación (Figura 4.1).

La comparación de medias (DMS al 0.05 de probabilidad) entre los genotipos para la variable plántulas normales (Cuadro 4.3), mostró dos grupos estadísticos, donde el primer grupo lo formaron aquellos genotipos que presentaron un mayor porcentaje de germinación: GABYAN-95, AN-373-09 y AN-263-99 con valores de 93.429, 93.143 y 91.714 %, respectivamente, mientras que los genotipos Huerfanita y AN-366-09 formaron el grupo B con menor germinación. Si atendemos a lo establecido en la ley de las semillas (SNICS 2014), respecto al porcentaje de germinación mínimo de 85 % para semilla habilitada, y para semilla básica, registrada y certificada de un 90 %, resulta evidente que Huerfanita y AN-366-09 no cumplen con el requisito para semilla habilitada, mientras que el resto de genotipos cumplen con lo solicitado para la semilla básica, registrada y certificada.

Cuadro 4.3 Comparación de medias de los genotipos dentro de las variables capacidad de germinación

Genotipo	Plántulas Normales (%)	Plántulas Anormales (%)	Semillas Sin Germinar (%)
Cebada GABYAN-95	93.429 A	5.143 B	1.429 AB
Trigo AN-373-09	93.143 A	5.857 B	1.000 B
Trigo AN-263-99	91.714 A	7.000 B	1.286 AB
Triticale-Huerfanita	79.286 B	18.429 A	2.286 A
Trigo AN-366-09	79.286 B	16.464 A	1.571 AB

*Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P < 0.05$).

Para la variable plántulas anormales, la comparación de medias reflejó dos grupos, donde el grupo A se formó con los genotipos Huerfanita y AN-366-09 con valores

18.429 y 16.464 %, respectivamente, mientras que los genotipos AN-263-99, AN-373-09 y GABYAN-95 formaron el grupo B.

En cuanto a las semillas sin germinar, la prueba de comparación de medias también reflejó dos grupos, el grupo A comprendiendo la mayoría de los genotipos excepto el genotipo AN-373-09 que formó el grupo B, junto con la cebada y los trigos AN-263-99 y AN-366-09.

En la Figura 4.2 se describe la interacción genotipos * tipos de secado, teniendo GABYAN-95 97% de PN en el secado natural y 95.66 % en el secado artificial, mostrando un incremento substancial con respecto al testigo. Por su parte AN-366-09 obtuvo en el secado artificial 90 % y en el secado natural 63.33 % registrando un comportamiento descendente con respecto al testigo, y sin duda favorecieron la significancia detectada entre los genotipos en la variable plántulas normales cuando se analizó la varianza.

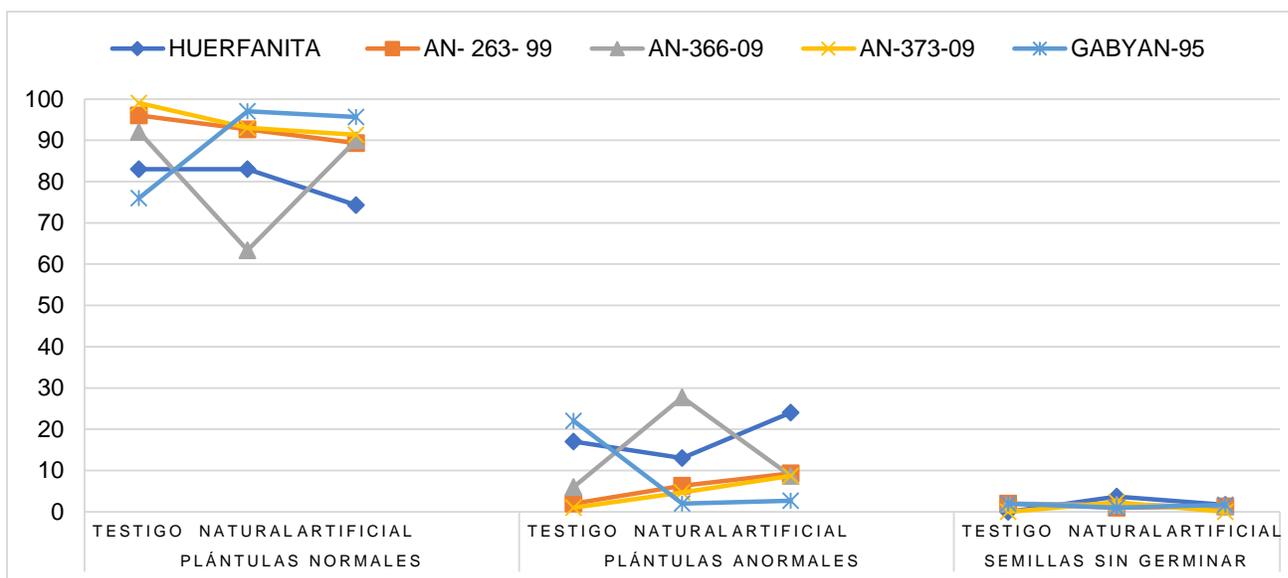


Figura 4.2 Interacción genotipos * tipos de secado en las variables de capacidad de germinación

En la variable plántulas anormales (PA), como se aprecia en la Figura 4.2, el comportamiento de GABYAN-95 y el genotipo AN-366-09 son de nuevo los que más se apartan del comportamiento del resto de los genotipos, de los cuales Huerfanita también aporta a la significancia encontrada en esta variable.

En semillas sin germinar (SSG), todos los genotipos mostraron un comportamiento similar a través de los tipos de secado (Figura 4.2), razón por la cual no se aprecia ningún cruce de líneas, concordando con los resultados del análisis de varianza.

En la Figura 4.3 se observa la triple interacción genotipos * tiempo dentro del tipo de secado, para la variable Plántulas Normales (PN). Los genotipos Huerfanita, GABYAN-95 Y AN-366-09 presentaron diferencias en sus comportamientos en el secado natural, mientras que en secado artificial el triticale Huerfanita y GABYAN-95 contribuyeron a la significancia detectada en esta fuente de variación reportada por el análisis de varianza.

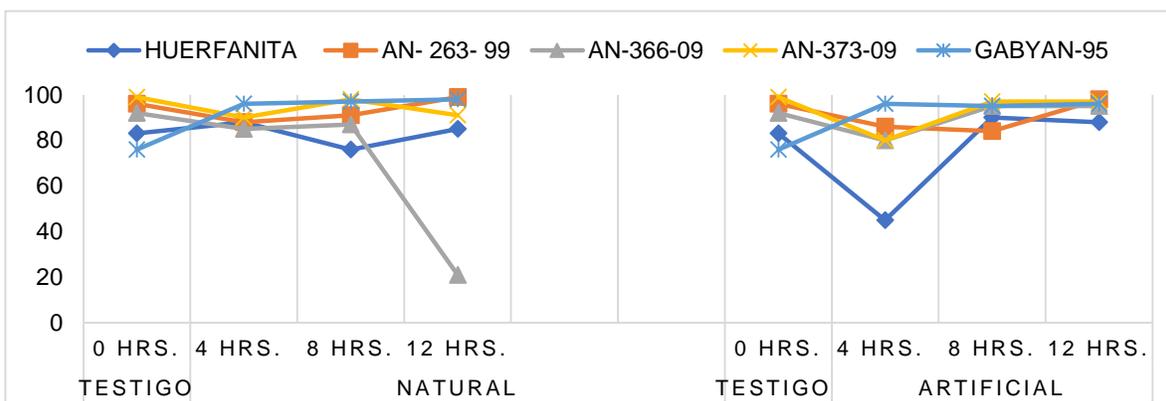


Figura 4.3 Interacción genotipos * tiempos de imbibición (tipo de secado) en el porcentaje de plántulas normales

Cabe señalar que GABYAN-95 fue el genotipo que mostró una respuesta favorable a los tiempos de imbibición aplicados, lo cual concuerda con lo reportado por Sánchez y Muños, (2003) quienes observaron que los tratamientos de hidratación- deshidratación de semillas de tomate (*Lycopersicon esculentum*), pepino (*Cucumis sativus*), pimiento

(*Capsicum annuum*) y calabaza (*Cucurbita maxima*) lograron incrementar significativamente la germinación mediante los efectos revigorizadores, acondicionadores, robustecedores y de ruptura de dormancia. El caso más significativo se alcanzó en semillas frescas de calabaza donde se incrementó más 60% de la germinación con relación con el testigo. En este trabajo, no todos los genotipos respondieron favorablemente a los tiempos de imbibición e inclusive AN-366-09 mostró un efecto negativo a las 12 horas de imbibición en el secado natural al igual que Huerfanita lo hizo a las 4 horas en el secado artificial.

Las plántulas anormales (PA) se incrementaron de manera alarmante en el genotipo AN-366-09 para el tiempo de imbibición de 12 horas con el secado natural, por lo que no es recomendable que este genotipo se deje en imbibición por tanto tiempo (Figura 4.4). Se aprecia también el valor alcanzado por Huerfanita a las ocho horas en el secado natural y el que mostro a las cuatro horas en el secado artificial, comportamientos que sin duda provocaron la alta significancia encontrada en esta fuente de variación.

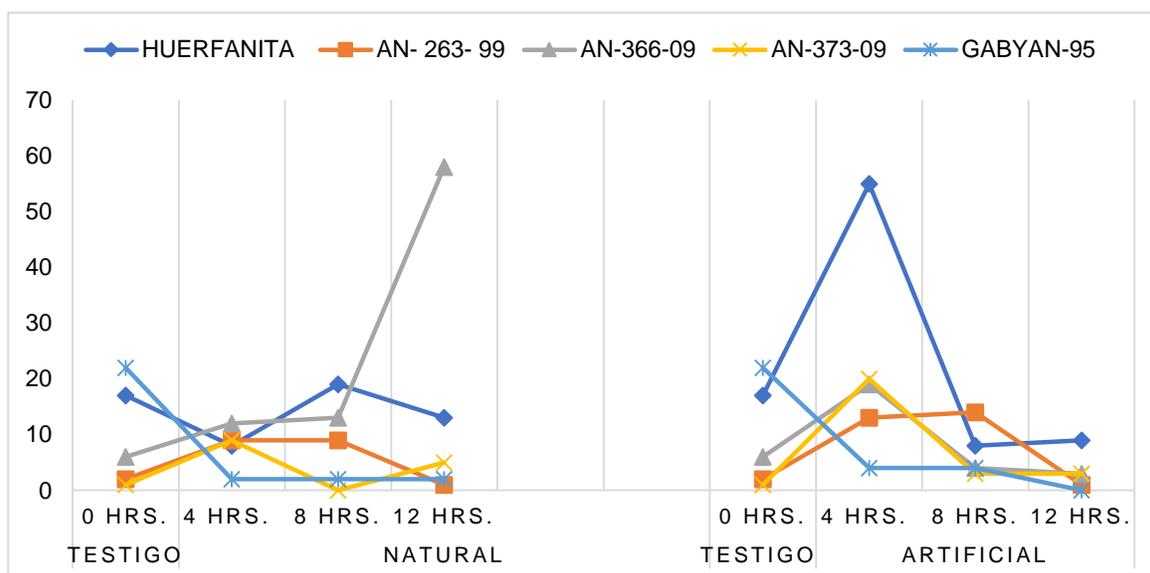


Figura 4.4 Interacción genotipos * tiempos (tipo de secado) en el porcentaje de plántulas anormales

En lo referente al comportamiento de semillas sin germinar (SSG) en esta triple interacción, la cual no fue significativa según el análisis de varianza, se aprecia en la Figura 4.5, como Huerfanita en el secado natural, en el tiempo de ocho horas de imbibición mostró la mayor cantidad de SSG y a las cuatro horas reportó un valor similar al del genotipo AN-373-09 con 12 horas de imbibición. En el secado artificial GABYAN-95 y Huerfanita mostraron los mayores valores de SSG a las 12 horas.

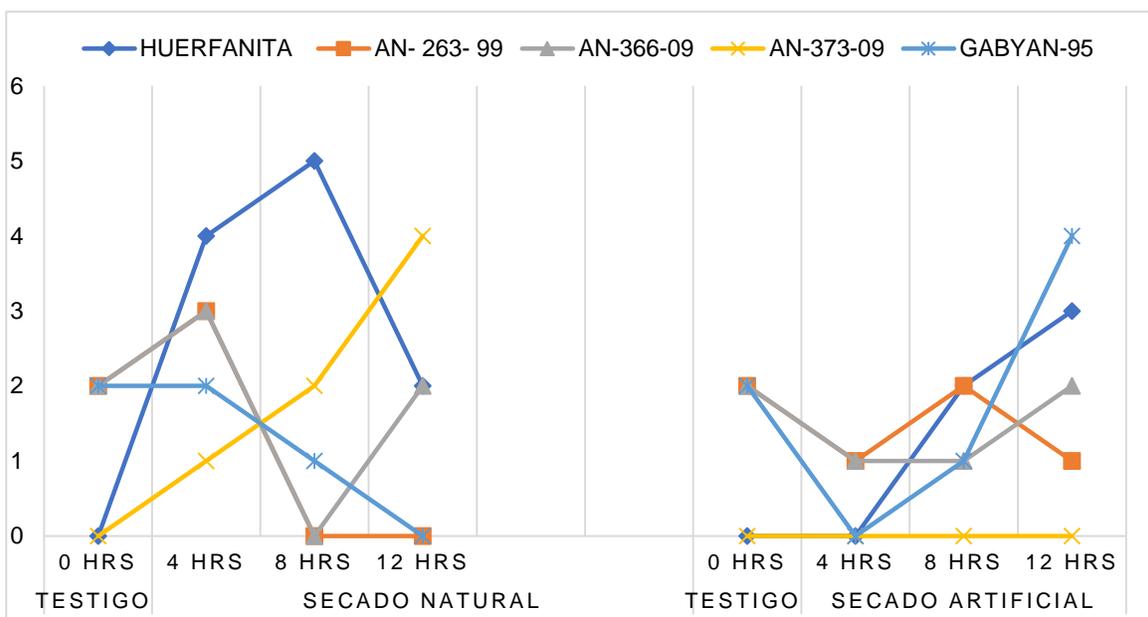


Figura 4.5 Interacción genotipos * tiempos (tipo de secado) en el porcentaje de semillas sin germinar

Capacidad de Vigor

En el Cuadro 4.4 se observa los cuadrados medios del análisis de varianza y su nivel de significancia de las variables que califican vigor. Se muestra que en la fuente de variación tipos de secado hubo efecto significativo en la variable longitud media de plúmula (LMP), mientras que en la siguiente variable longitud media de radícula (LMR) no presentó diferencias significativas. Mientras que en las fuentes de variación genotipos y en las interacciones tiempo de imbibición anidados en tipos de secado, genotipos * secado y en la triple interacción genotipos * tiempo (secado) se mostró alta significancia en ambas variables (LMP y LMR).

Cuadro 4.4 Cuadrados medios de las fuentes de variación y su nivel de significancia de las variables de vigor

Fuente de variación	gl	Longitud media de plúmula	Longitud media de radícula
Secado	2	5.70 *	2.79 NS
Tiempo (Secado)	4	10.98 **	15.52 **
Genotipos	4	35.27 **	56.84 **
Genotipos x Secado	8	12.69 **	8.25 **
Genotipos*Tiempo (Secado)	16	7.56 **	6.33 **
Error Experimental	105		

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); NS= No significativo; gl= grados de Libertad

Al realizar la prueba de medias DMS al 0.05 % de probabilidad de la fuente de variación tipos de secado, se observa que para las variables longitud media de plúmula (LMP) y longitud media de radícula (LMR) se formaron dos grupos estadísticos, indicando que estadísticamente fueron diferentes entre sí (Cuadro 4.5).

Cuadro 4.5 Comparación de medias de los tipos de secado dentro de las variables de vigor

Tipo de Secado	Longitud media de plúmula (cm/plántula)	Longitud media de radícula (cm/plántula)
Testigo	6.310 A	7.560 A
Natural	6.670 A	7.12 A
Artificial	6.060 B	6.95 B

*Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P < 0.05$).

El testigo y el secado natural formaron el grupo A y el secado artificial formó el grupo B en las dos variables evaluadas. Pérez *et al.* (2008), encontraron que el vigor mediante la biomasa, peso seco de la parte aérea y raíz en semillas de tomate de *Physalis ixocarpa Brot* tuvo diferencias en diferentes tipos de secado, teniendo mayor crecimiento ($P \leq 0,05$) sin secar que al estar más secas, evidenciando que el secado reduce el vigor de las semillas con pérdidas de materia seca de 92 % en el vástago y 66 % en la raíz; que a diferencia de este estudio, no se observaron diferencias

altamente significativas entre los tipos de secado, por lo que se retira dicha relación en el caso de semillas de cereales de grano pequeño.

Por otro lado Moo-Muñoz *et al.*, (2016) argumentan en semillas de *Capsicum chinense Jacq.* sometidas a un secado artificial con aire caliente en horno de convección se obtiene una mayor altura de vástago y longitud de la radícula, y en secados natural y artificial, la biomasa del vástago y radícula no son afectadas entre los tipos de secado.

En la Figura 4.6 aparece la interacción tiempos de imbibición dentro de tipos de secado, en la variable longitud media de plúmula (LMP) a las cuatro horas de imbibición el secado natural obtuvo 7.24 cm/plántula de LMP mostrando diferencia con respecto al secado artificial el cual presentó 5.1 cm/plántula. A las ocho horas de imbibición se observa en esta misma variable que el secado natural obtuvo 6.72 cm/plántula de LMP mientras que el secado artificial mostró 6.28 cm/plántula.

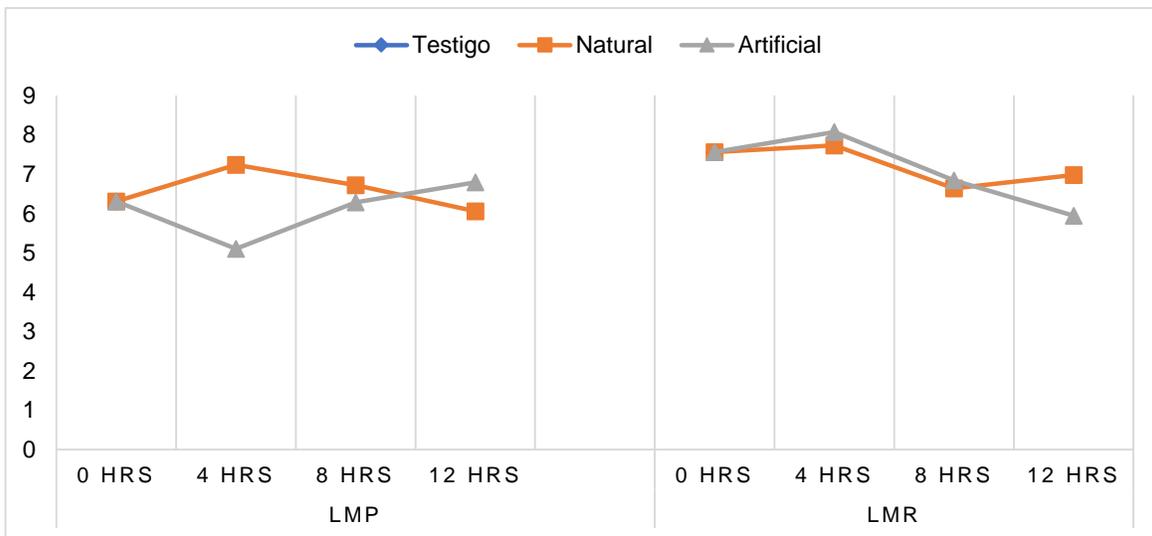


Figura 4.6 Interacción tiempos de imbibición * tipos de secado de longitud media de plúmula (LMP, cm/plántula) y longitud media de radícula (LMR, cm/plántula)

En cuanto a las doce horas de imbibición se observa que en el secado natural disminuye su LMP a 6.06 cm/plántula y en el secado artificial aumento hasta 6.79 cm/plántula, es en este tiempo donde se aprecia la interacción significativa, la cual gráficamente se visualiza como un cruce de líneas (Figura 4.6).

En la variable longitud media de radícula (LMR) a las cuatro horas de imbibición el secado artificial mostró 8.07 cm/plántula de LMR obteniendo diferencia con respecto al secado natural que mostró 7.73 cm/plántula, como se muestra en la Figura 4.6; a las ocho horas de imbibición se observa en esta misma variable el secado artificial que obtuvo 6.84 cm/plántula mientras que el secado natural mostró 6.64 cm/plántula de LMR; mientras que a las doce horas de imbibición se observa un cruce de líneas gráficamente donde el secado natural obtuvo 6.98 cm/plántula y el secado artificial mostró 5.94 cm/plántula (Figura 4.6), es en este tiempo donde se aprecia una interacción significativa además de presentar alta significancia en el análisis de varianza.

Por su parte Kyauk *et al.* (1995) en su investigación de remojo de semillas de ajonjolí en agua durante 2 y 12 horas con un secado controlado con diferentes temperaturas durante 24 horas no obtuvo diferencias en la longitud de la radícula, el tratamiento con remojo a 2 horas mostró 37.5 mm y a 12 horas 40.0 mm, también observó que no hubo diferencia en la longitud del brote a las 2 horas de remojo obtuvo 46 mm y a las 12 horas 47 mm.

La comparación de medias (DMS al 0.05 de probabilidad) entre los genotipos para longitud media de plúmula (LMP) mostró cuatro grupos estadísticos (Cuadro 4.6), el grupo A lo formó el trigo AN-373-09 que obtuvo mayor LMP con un valor de 7.71 cm/plántula, grupo B lo formó el genotipo AN-263-99, grupo C se conformó por la cebada GABYAN-95 y el trigo AN-366-09, quedando en el grupo D el triticale Huerfanita.

Para la variable longitud media de radícula (LMR) en la prueba de medias reflejó también cuatro grupos estadísticos (Cuadro 4.6), el grupo A formado por el triticale Huerfanita quien obtuvo el valor más alto, grupo B conformado por los trigos AN-373-09 y AN-263-99, grupo C genotipo AN-366-09 y grupo D cebada GABYAN-95. Ramírez (2016) en su investigación sobre tasa de imbibición y su relación con la fisiología de semillas de trigo, observó que los genotipos AN-373-09 y AN-366-09 en las variables LMP y LMR mostraron pertenecer a grupos de medias diferentes, donde el primer genotipo formó parte del grupo A y el segundo genotipo al grupo B.

Cuadro 4.6 Comparación de medias entre genotipos en las variables de vigor

Genotipo	Longitud media de plúmula (cm/plántula)		Longitud media de radícula (cm/plántula)	
Trigo AN-373-09	7.7121	A	7.6482	B
Trigo AN-263-99	6.9514	B	7.9461	B
Cebada GABYAN-95	6.3800	CB	4.9375	D
Trigo AN-366-09	6.0391	C	6.3879	C
Triticale Huerfanita	4.7200	D	8.6446	A

*Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P < 0.05$).

En la Figura 4.7 se describe la interacción genotipos * tipos de secado, en la variable longitud media de plúmula (LMP) se aprecia en dicha figura que los genotipos Huerfanita y GABYAN-95 en el secado natural presentaron un incremento substancial con respecto al testigo 5.87 cm/plántula y 7.27 cm/plántula de LMP respectivamente, con secado artificial se observa una disminución hasta de 3.86 cm/plántula en el secado natural y 6.23 cm/plántula en el secado artificial.

Por su parte AN-366-09 obtuvo una LMP inferior al testigo, en el secado natural se muestra 4.80 cm/plántula y en secado artificial 6.65 cm/plántula presentando un cruce de líneas, para este genotipo no se observó que los tipos de secado beneficiaran la LMP. Para el genotipo AN-263-99 se observa que su línea comienza con 7.53/plántula

cm con secado natural y tiende a disminuir llegando hasta 6.00 cm/plántula donde igual hay una interacción de cruce de líneas.

El genotipo AN-373-09 muestra un comportamiento más lineal en secado natural obtuvo 7.89 cm/plántula y en secado artificial 7.5 cm/plántula. Cuyos comportamientos favorecieron la significancia detectada en el análisis de varianza.

En la variable longitud media de radícula (LMR), se aprecia el comportamiento de AN-373-09 con un incremento considerable en secado natural 8.39 cm/plántula y en secado artificial 7.30 cm/plántula con respecto al testigo mostrando un cruce de línea. Por su parte el genotipo AN-366-09 se observó un comportamiento descendente en comparación del testigo, el secado artificial mostró 6.75 cm/plántula y en secado natural 5.49 cm/plántula. Los genotipos AN-263-99 y Huerfanita muestran una disminución de LMR a comparación del testigo, pero obteniendo un mejor promedio con secado natural. La cebada GABYAN-95 obtuvo una LMR inferior a los demás genotipos, pero obteniendo un mejor promedio de LMR con secado artificial.

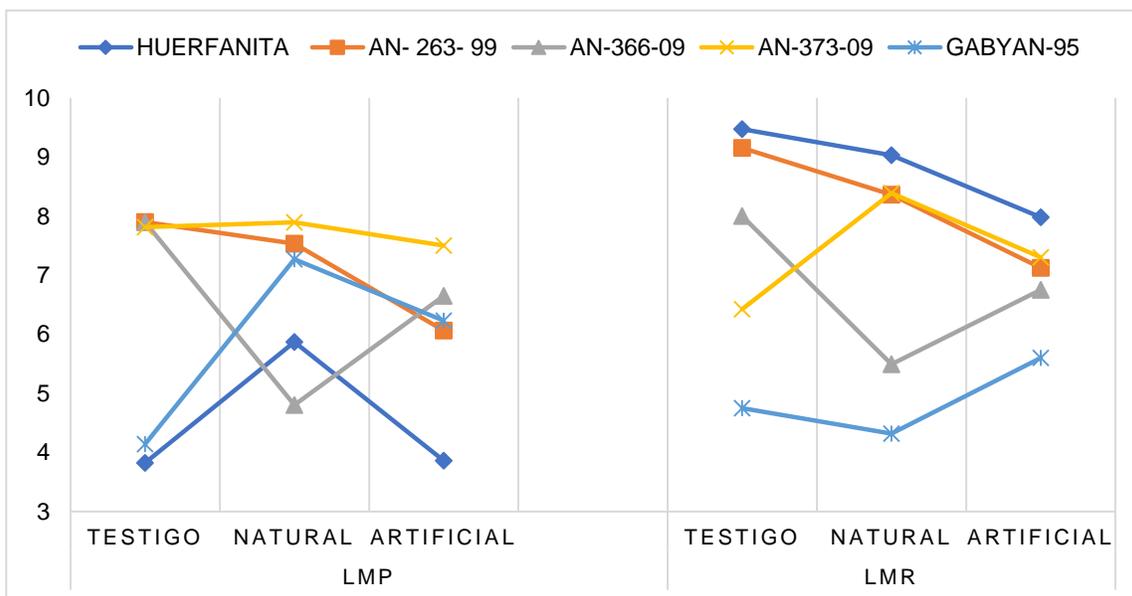


Figura 4.7 Interacción genotipos * tipos de secado dentro de longitud media de plúmula (LMP, cm/plántula) y longitud media de radícula (LMR, cm/plántula)

En la Figura 4.8 se observa la interacción genotipos * tiempo de imbibición dentro del tipo de secado para la variable longitud media de plúmula (LMP). El genotipo AN-366-09 presenta un comportamiento decreciente en el secado natural a través de los tiempos de imbibición llegando a mostrar 0.95 cm/plántula a las 12 horas, en el caso del secado artificial a las cuatro horas se muestra su valor más bajo 4.82 cm/plántula y a las 8 horas se mejora su promedio, pero sin superar al testigo. El genotipo AN-263-99 presenta un comportamiento similar en los tiempos de imbibición en los dos tipos de secado pero solo sobresale el promedio a las 12 horas con secado natural a comparación del testigo. Para el caso del genotipo Huerfanita mostró respuesta favorable en los dos secados y tiempos de imbibición a excepción de cuatro horas con secado artificial. Similar comportamiento se aprecia con la cebada pero en éste caso en los dos tipos de secado y tiempos de imbibición obtuvo valores sobresalientes.

En cuestión del genotipo AN-373-09 muestra una línea más estable, solamente a las cuatro horas con secado artificial y a las 12 horas con secado natural muestran valores inferiores al testigo. Cabe señalar que todos los genotipos a excepción de AN-366-09 obtuvieron un tiempo y secado que sobresalió con respecto al testigo. Balaguera *et al.*, (2009) realizaron un estudio con semillas de tomate (*Solanum lycopersicum L.*) imbibidas en agua y con diferentes concentraciones de ácido giberélico y reportaron, diferencias estadísticas en el área foliar, masa fresca y seca de hojas, tallo y raíces y longitud de raíces.

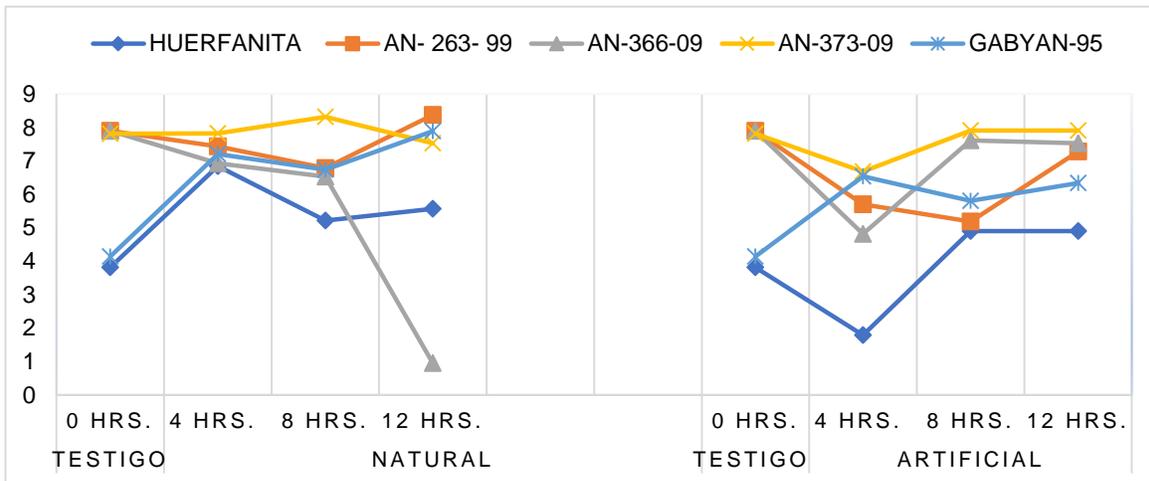


Figura 4.8 Interacción genotipo * tiempo (tipo de secado) en la longitud media de plúmula (cm/plántula)

Se observa la interacción genotipos * tiempo de imbibición dentro del tipo de secado para la variable longitud media de radícula (LMR) en la (Figura 4.9), el genotipo AN-366-09 se vuelve a comportar con una disminución de vigor en los dos tipos de secado a través de los tiempos de imbibición, por su parte GABYAN-95 tuvo un comportamiento más lineal con respecto a los demás genotipos, obteniendo un mejor promedio a las cuatro horas con secado artificial.

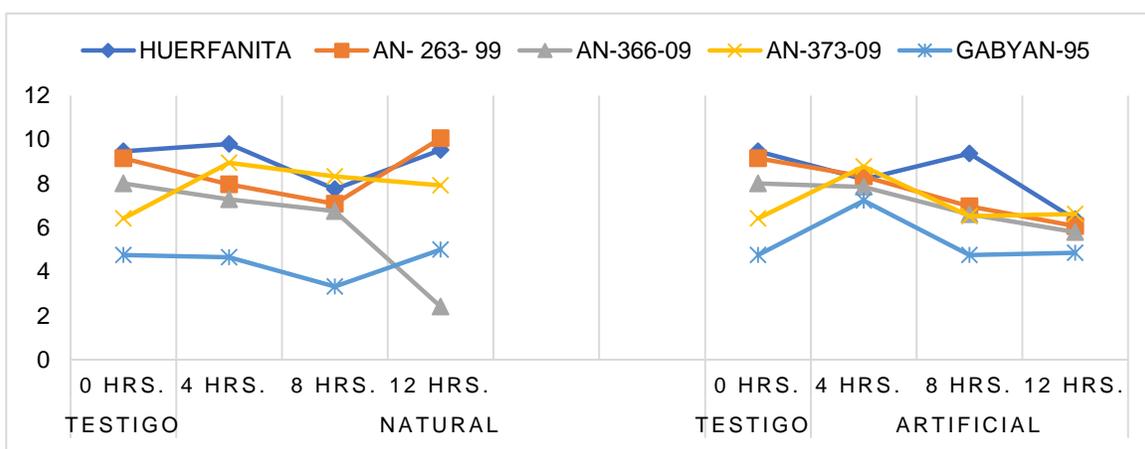


Figura 4.9 Interacción genotipos * tiempos (tipo de secado) en la longitud media de radícula (cm/plántula)

El genotipo Huerfanita obtuvo promedios por arriba del testigo a las 4 y 12 horas con secado natural a comparación del secado artificial que no mostro algún tiempo de imbibición que sobresaliera. Respecto al genotipo AN-373-09 mostró buen desarrollo en los dos tipos de secado, pero en especial a las 4 horas se obtuvo su mejor promedio para los dos casos.

El genotipo AN-263-99 obtuvo un comportamiento inferior al testigo a excepción del secado natural a las 12 horas que fue el único tiempo que sobresalió. Sin duda cada genotipo a excepción de AN-366-09 ya mencionado con menor vigor obtuvieron un tiempo favorable en uno de los dos tipos de secado. Por su parte Ghassemi-Golezani *et al.*, (2008) en su investigación sobre remojo de semillas de lentejas (*Lens culinaris M*) sometidas a imbibición durante 12 horas en agua destilada y Polietilenglicol 6000 (PEG) observaron en su variable de peso seco de raíz que con remojo en agua destilada obtuvieron mejores resultados en comparación con el testigo y PEG.

Emergencia de Plántulas en Invernadero

En el Cuadro 4.7 se observan los cuadrados medios del análisis de varianza y su nivel de significancia, se muestra que en la fuente de variación conteo se reportó una alta significancia en la variable, al igual que entre los tipos de secado, de la misma manera en la fuente de variación tiempos de imbibición anidados dentro del tipo de secado, además entre los genotipos también se obtuvo alta significancia, por su parte las fuentes de variación conteo por secado, en la triple interacción conteo*tiempo (secado) y en conteo por genotipo no mostraron diferencias significativas.

En las variables secado por genotipo y en la triple interacción genotipo* tiempos de imbibición (secado) mostraron una alta significancia en la variable estudiada.

Cuadro 4.7 Cuadrados medios y su nivel de significancia de emergencia de plántulas en invernadero

Fuente de Variación	GL	Plántulas Emergidas
Conteo	4	5203.5**
Secado	2	1042.75**
Tiempo * secado	4	147.33**
Genotipos	4	202.26**
Conteo * secado	8	16.7 NS
Conteo * tiempo (secado)	16	7.71 NS
Secado * genotipo	8	262.38**
Conteo * genotipo	16	14.47 NS
Genotipo * tiempo (secado)	16	61.48 **
Error Experimental	271	

** Altamente significativo ($p \leq 0.01$); NS= No significativo; gL= grados de Libertad

Al realizar la prueba de medias DMS al 0.05 de probabilidad en la fuente de variación conteo de plántulas emergidas, se observó que para la variable se formaron cuatro grupos estadísticos (Cuadro 4.8). Donde el grupo A lo formaron los conteos 5 y 4 que fueron las que obtuvieron más plántulas emergidas, siguiendo el grupo B correspondiendo al tercer conteo, grupo C por el conteo 2 y el grupo D corresponde al conteo 1 por lo que obtuvo menor promedio de plántulas emergidas ya que este conteo fue el primer muestreo después de cinco días de la siembra. Los resultados son lógicos ya que a mayor tiempo de los conteos mayor número de plantas emergidas.

Cuadro 4.8 Comparación de medias de los conteos en las plántulas emergidas en invernadero

Conteos	Plántulas Emergidas (%)
5	89.16 A
4	87.50 A
3	85.16 B
2	64.46 C
1	17.13 D

*Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P < 0.05$).

El Cuadro 4.9, muestra los resultados de la prueba de medias entre tipos de secado, donde se tuvieron dos grupos, el grupo A lo formaron el testigo y secado artificial con los mayores porcentajes de plántulas emergidas, mientras que el grupo B se encontró el secado natural el cual mostró un bajo porcentaje de plántulas, por lo que ayudo en gran parte a la alta significancia encontrada en el análisis de varianza.

Navarro y Lezcano (2008) concluyeron en su investigación que el método secado artificial fue el más apropiado para retardar el deterioro de las semillas de (*B. purpurea*) almacenadas en las condiciones ambientales que prevalecen en Cuba: dicho método permitió mantener los índices de calidad en valores aceptables para este tipo de almacenamiento y multiplicar considerablemente la longevidad, en comparación con los métodos en que las semillas se secaron dentro y fuera de las legumbres, pero de forma natural al sol.

Cuadro 4.9 Comparación de medias entre los tipos de secado en las plántulas emergidas en invernadero

Tipo de secado	Plántulas Emergidas (PE, %)
Testigo	77.06 A
Artificial	75.26 A
Natural	59.30 B

*Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P < 0.05$).

En la Figura 4.10 aparece la interacción tiempos de imbibición dentro de los tipos de secado, donde a las cuatro horas de imbibición se muestra que el secado artificial obtuvo 69.46 % de PE y el secado natural 60.8 % PE, a las ocho horas de imbibición se presentó en el secado artificial 76.4 % PE y en el secado natural 52.66 %, y a las doce horas de imbibición el secado artificial reflejo 80 % de PE y el secado natural obtuvo 64.53 % de PE.

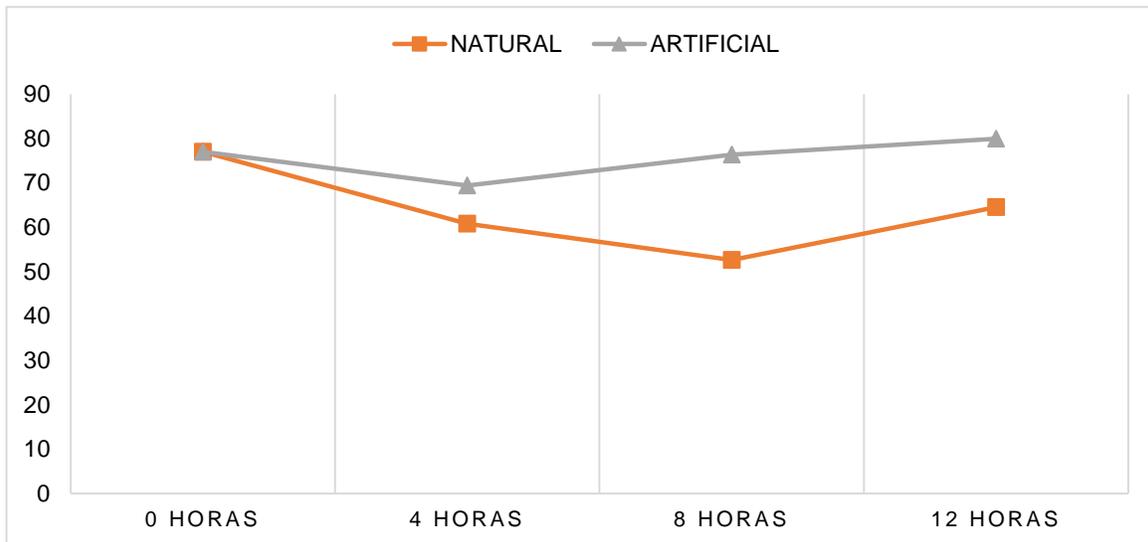


Figura 4.10 Interacción tiempos de imbibición dentro de los tipos de secado en las plántulas emergidas en invernadero (%)

En la Figura 4.10 se observa la diferencia que hay entre los dos tipos de secado, pero de igual manera hay una alta diferencia entre los tiempos de imbibición donde se muestra que a las doce horas se obtiene el valor más alto para los dos tipos de secado. De acuerdo con Nadeem *et al.*, (2017) en su investigación de remojo de semillas de dos variedades de maíz en agua durante 12, 24 y 36 horas obtuvo el mejor porcentaje de germinación para las dos variedades a las 24 horas mostrando 99 y 98 %, por lo que se sugiere realizar pruebas con mayor tiempo de imbibición en los cereales estudiados en esta investigación.

La comparación de medias DMS al 0.05 de probabilidad entre los genotipos obtuvo tres grupos estadísticos, donde el grupo (A) lo conformaron los trigos AN-366-09, AN-263-99 y AN-373-09 siendo estos genotipos los que obtuvieron el mayor porcentaje de plántulas emergidas, siguiendo el grupo (B) el cual incluye al triticale Huerfanita y el grupo (C) formado por la cebada GABYAN-95. Estos resultados sugieren diferencias entre las especies evaluadas, donde el trigo presentó mayor emergencia en invernadero seguidos por el triticale y ambos superando a la cebada, sin embargo, es necesario realizar mayores estudios para confirmarlo.

Cuadro 4.10 Comparación de medias entre genotipos en las plántulas emergidas en invernadero

Genotipo	Grupo	Plántulas Emergidas (%)
AN-366-09	A	72.83
AN-263-99	A	72.40
AN-373-09	A	72.23
Huerfanita	B	66.23
GABYAN-95	C	59.73

*Letras diferentes indican diferencias significativas a nivel ($P < 0.05$).

En la Figura 4.11 se plasma la interacción conteo * tipos de secado, se aprecia en dicha figura que en el primer conteo el secado artificial mostró 21.66 % de PE, el secado natural obtuvo 7.66 % PE; En el segundo conteo el secado artificial siguió mostrando una diferencia sobre el otro tipo secado con 74.53 % PE y el secado natural 51.86 % PE; En el tercer conteo el secado artificial obtuvo 91.43 % PE y el secado natural 76.66 % PE; En el cuarto conteo se muestra que el secado artificial continuó con la misma tendencia incrementando a 93.33 % PE y el secado natural obtuvo 79.33 % PE; En el quinto conteo el secado artificial presentó 95.43 % PE y el secado natural mostró 81.00 % PE, en dicha figura se observa como fue aumentando el porcentaje de plántulas de acuerdo a la toma de datos y también que el secado artificial presentó mayor porcentaje en cada conteo concordando con el Cuadro 4.9, donde los tipos de secado pertenecen a un grupo distinto, respecto al análisis de varianza no detecto diferencias ya que en cada conteo los tipos de secado se comportaron similarmente.

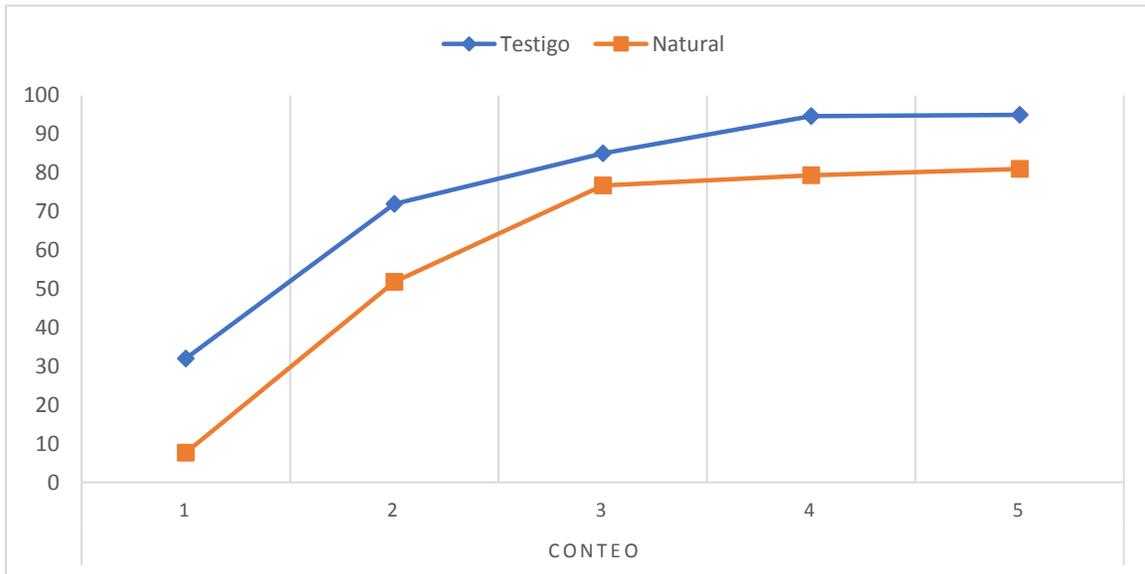


Figura 4.11 Interacción conteos * tipos de secado en las plántulas emergidas en invernadero (%)

En la Figura 4.12 se observa la interacción conteo * tiempo dentro de los tipos de secado para la variable plántulas emergidas (PE) en invernadero, donde se observa que en el primer conteo se presentó un porcentaje de plántula emergidas en los dos tipos de secado menor a 30 % en los diferentes tiempos de imbibición, en el segundo conteo hubo un incremento en especial el tiempo de 12 horas de imbibición con secado artificial mostrando 82 % de plántulas emergidas, en los siguientes conteos hubo un comportamiento similar entre los tiempos de imbibición y los tipos de secado por lo que concuerda con el análisis de varianza que no hay diferencia significativa, respecto a esta evaluación el secado artificial con doce horas de imbibición fue el que sobresale a comparación de los demás, se recomienda para esta variable someter a más tiempo

de imbibición las semillas evaluadas con secado natural ya que el secado artificial con 12 horas de imbibición alcanzo 96.99 % de plántulas emergidas.

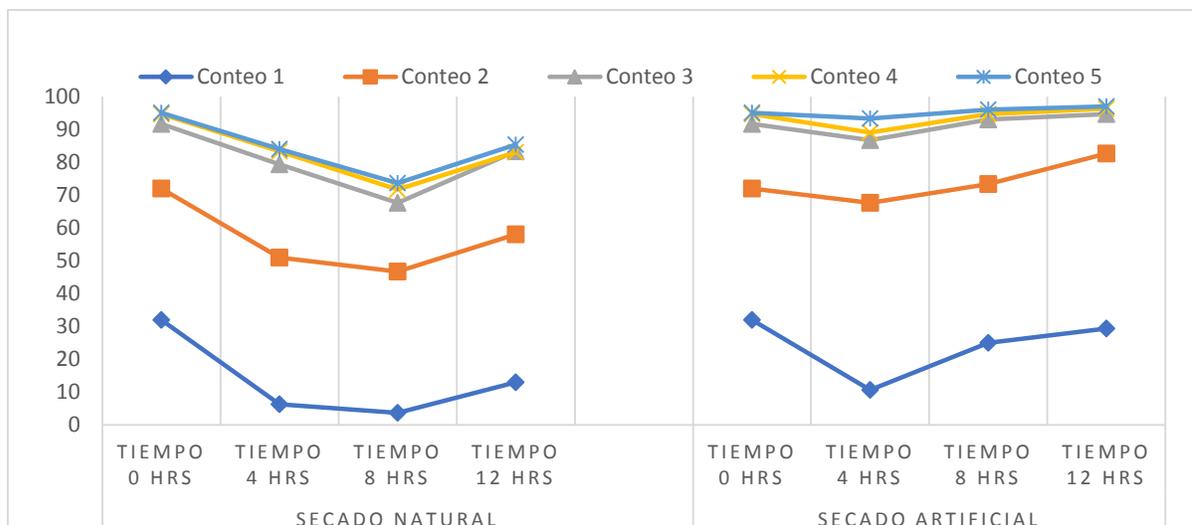


Figura 4.12 Interacción conteos * tiempos de imbibición dentro de los tipos de secado en las plántulas emergidas en invernadero (%).

En la Figura 4.13, se muestra la interacción tipos de secado * genotipos de la variable plántulas emergidas (PE) donde el genotipo Huerfanita obtuvo en secado artificial 78.86 % PE y en secado natural se observa un menor porcentaje de 53.76 % PE; El genotipo AN-263-99 presenta la misma tendencia el secado artificial sigue mostrando diferencia de 75.76 % de PE y el secado natural mostró 66.43 % PE.

El genotipo AN-366-09 mostró un cruce de líneas en la figura ya que el secado natural presentó 71.99 % PE y en secado artificial 70.86 % PE. En el genotipo AN-373-09 se vuelve a observar un incremento en el secado artificial 70.43 % PE y el secado natural mostró 68.66 % PE y; En el caso del genotipo GABYAN-95 el secado artificial presentó 80.43 % PE y en el secado natural se observó una disminución drástica en el porcentaje 35.76 % PE lo cual favoreció la alta significancia encontrada en el análisis de varianza además del cruce de líneas en el genotipo AN-366-09.

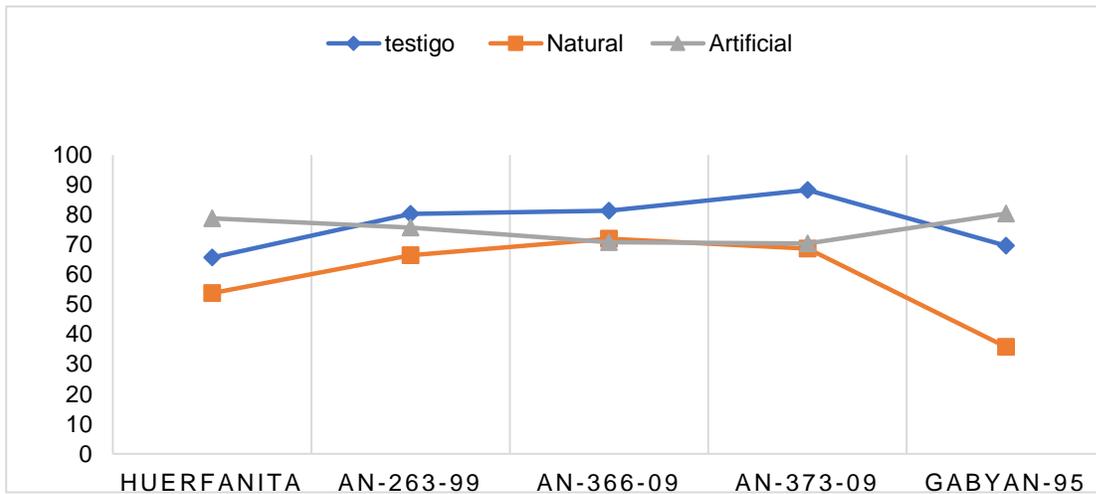


Figura 4.13 Interacción tipos de secado * genotipos en las plántulas emergidas (PE) en invernadero (%)

En la Figura 4.14, se observa la interacción conteo * genotipo, donde se muestra en el primer conteo que los genotipos presentaron un porcentaje de plántulas emergidas menor a 20 %, en el segundo conteo se observa como los trigos obtienen un mayor porcentaje a comparación de los la cebada y el triticale, en el tercer conteo continúan los trigos con un mayor porcentaje pero el triticale se acerca más al porcentaje de los trigos a comparación de la cebada que muestra un porcentaje inferior, en el cuarto y quinto conteo la tendencia fue similar al tercer conteo por lo que el análisis de varianza no detectó diferencias estadísticas.

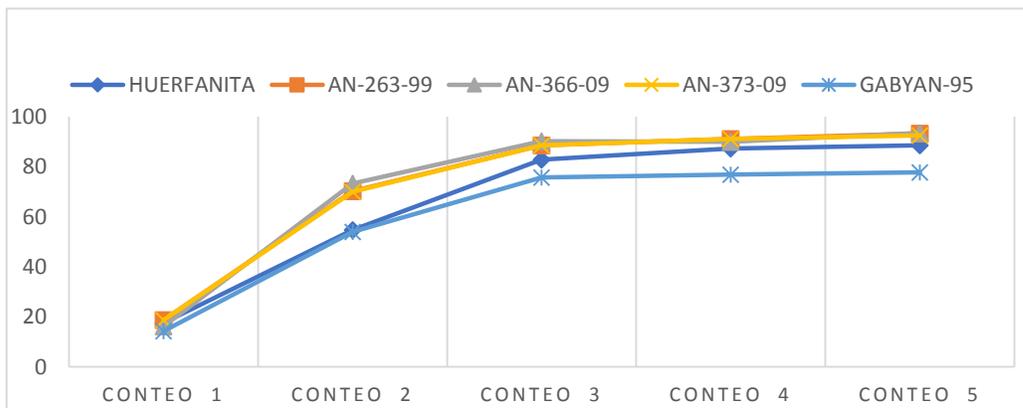


Figura 4.14 Interacción conteos * genotipos en las plántulas emergidas en el invernadero (%)

En la Figura 4.15 se observa la interacción genotipo * tiempo dentro de los tipos de secado, donde se muestra el comportamiento del genotipo Huerfanita con una disminución drástica de emergencia con secado natural donde a través de los tiempos de imbibición se obtuvo porcentajes de plántulas emergidas inferiores a 65 % con secado artificial se observó diferencia ya que a las 12 y 8 horas de imbibición se presentó 83.99 y 85.99 % respectivamente.

El genotipo AN-263-99 muestra un comportamiento similar al genotipo anterior mostrando porcentajes inferiores en el secado natural y obteniendo sus mejores valores con secado artificial a las 12 y 8 horas de imbibición 83.33 y 81.99 % (Figura 4.15), lo cual concuerda con Ahmad *et al.*, (1998) donde observaron en 10 variedades de trigo que el remojo previo de semillas más allá de las 12 horas no mejora la germinación y más allá de las 21 horas la tasa de germinación disminuye drásticamente.

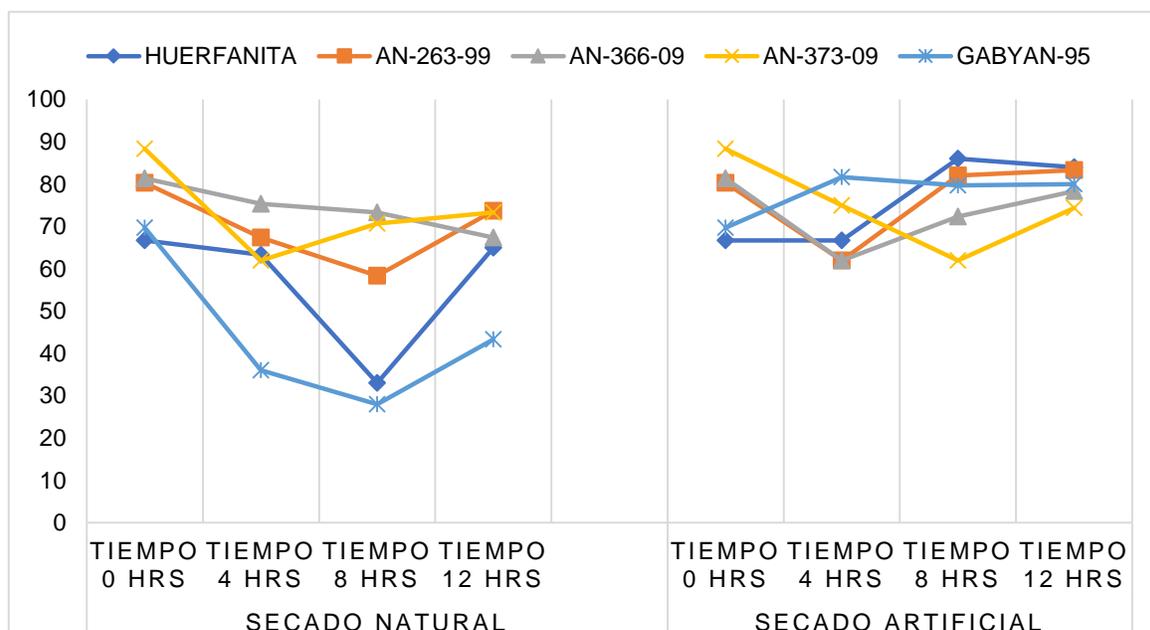


Figura 4.15 Triple interacción genotipo*tiempo (secado) en las plántulas emergidas en invernadero (%)

Así mismo en la Figura 4.15, se muestra que el genotipo AN-366-09 tuvo un comportamiento descendente en el secado natural a través de los tiempos de imbibición, a las cuatro horas mostró 75.33 %, a las ocho horas se presentó 73.33 % y a las doce horas se mostró 67.33 %, respecto al secado artificial viceversa el comportamiento a las cuatro horas se presentó 61.99 %, a las ocho horas se mostró 72.33 % y a las doce horas se obtuvo 78.33 % de plántulas emergidas; mientras que, el genotipo AN-373-09 en el secado natural presentó porcentajes por debajo de 74% pero con el secado artificial en el tiempo de ocho horas apenas alcanzó 74.99% mostrando menor porcentaje de plántulas emergidas a comparación de los demás trigos.

El comportamiento observado en estos dos últimos genotipos se considera que afectaron otros factores, según García y Martínez (1994), citados por Zamudio (2013) observaron que los efectos externos más importantes como la humedad, la temperatura y la aeración, son muy indispensables para que el embrión pueda obtener la energía necesaria en sus actividades metabólicas; y el efecto global de las temperaturas alternas en el día y la noche, se verá reflejado en la germinación y la otra en la fase de crecimiento de la plántula esto es posible al rompimiento de la testa de la semilla por tratamientos físicos y químicos.

El genotipo GABYAN-95 en el secado natural a las doce horas obtuvo 43.33 % PE, a las cuatro horas presentó 35.99 % PE y a las ocho horas se mostró 27.99 % se considera que los tiempos de imbibición y secado natural para este genotipo no tuvo un efecto positivo para la variable estudiada (Figura 4.15), con secado artificial a las cuatro horas se obtuvo 81.66 % PE, a las ocho horas presento 79.99 % y a las doce horas se mostró 79.66 % PE. Demir *et al.* (2008), mencionan que el vigor de la semilla está influenciada por el secado después de la cosecha, así como por, rasgos genéticos, condiciones ambientales, fecha de cosecha, y condiciones de almacenamiento.

V. CONCLUSIONES

En el estudio se observó que los tiempos de imbibición si afectaron la germinación de los genotipos mostrando respuestas diferentes conforme se imbibían, en algunos casos aumentando el porcentaje, pero en otros disminuyendo drásticamente, sin embargo, se pudo obtener un tiempo de remojo ideal.

Los genotipos AN-263-99 y GABYAN-95 obtuvieron mejor respuesta a las 12 horas de imbibición, los trigos AN-373-09, AN-366-09 y el triticale Huerfanita mostraron su tiempo ideal de imbibición a las 8 horas.

Los tipos de secado empleados no afectaron la capacidad de germinación, pero en la evaluación de vigor mediante la variable longitud media de la plúmula se observó un efecto significativo.

Respecto a emergencia de los genotipos, no se observó que los tiempos de imbibición aumentaran la velocidad de emergencia de plántulas ya que se comportaron de forma similar.

En la evaluación de emergencia de plántulas en invernadero los tipos de secado se diferenciaron a favor del secado artificial utilizado.

VI. LITERATURA CITADA

- Afzal, I.; Basra S. M. A. and Iqbal, A. 2005.** The effects of seed soaking with plant growth regulators on seedling vigor of wheat under salinity stress. *J. Stress Physiol. Biochem* 1:6-14.
- Aguirre M., V. J., F. Rincón S., R. Ramírez S., O. G. Colón A., M. G. Razo M. 2011.** Modelo para la conservación de maíces criollos en el sureste de Coahuila, México, Saltillo Coahuila, México. 61 p.
- Ahmad, S., Anwar, M., y Ullah. H. 1998.** Wheat seed presoaking for improved germination. *Journal of Agronomy and Crop Science*. 181(2). 125-127.
- Alvarez, F. V. B., y Perna, A.T. 2018.** Germinación de semillas de tres genotipos de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) con tratamientos de imbibición en agua. *Revista Logos, Ciencia y Tecnología*, 10(4).155 pp.
- Arias, C. 1993.** Manual de manejo postcosecha de granos a nivel rural. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.
- Artola, A. G; Carrillo, C. and García, de los S. G. 2003.** Hydropriming: a strategy to increase *Lotus corniculatus* L. seed vigor. *Seed Sci.TECH*. 31:455-463.
- Association of Official Seed Analysts. AOSA. 1983.** Seed Vigor Testing Handbook. AOSA, Ithaca, NY, Estados Unidos. (Contribución al Manual sobre pruebas de semillas, 32).
- Azcón, J. y Talón M. 2008.** Fundamentos de Fisiología Vegetal. Interamericana-McGraw-Hill, Madrid.
- Balaguera, L. H. E.; Deaquiz, J. Y. A. G. y Álvares., H. 2009.** Plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) provenientes de semillas embebidas en diferentes soluciones de giberelinas (GA3). *Agron. Colom*. 27 (1):57-64.
- Barros, S., Da Silva, M., Ramos, S. y Queiroz, M. 2002.** Qualidade de semente de maxixe armazenadas em diferentes embalagens e ambientes. *Rev Ciência Agrotec*. 2(3), 539-544.
- Belessiotis, V., y Delyannis, E. 2011.** Solar drying. *Solar Energy*, 85(8), 1665-1691. doi: 10.1016/j.solener.2009.10.001

- Bewley, J.D. and M. Black. 1983.** Physiology and Biochemistry of Seeds in relation to germination. Volume 1: Development, germination, and growth. Second edition. Berlin, Germany. Springer-Verlag.306 p.
- Bidwell, R.G.S. 1979.** Fisiología Vegetal. A.G.T. Editor, S. A. México. P 71.
- Bradford, J. and Nonogaky, H. 2007.** Seed development, dormancy and germination. Blackwell Publishing, Oxford, UK, 307 pp.
- Burris, J. S. 1975.** Seedling vigor and its effect on field production of corn. Proc. 30th Annual corn and sorghum Res. Conf. ASTA. p. 185-193.
- Butola, J. S. and Badola, H.K. 2004.** Effect of pre-sowing treatment on seed germination and seedling vigour in *Angelica glauca*, a threatened medicinal herb. Curr. Sci. 87:796-799.
- Colín, R. M. 2007.** Producción de materia seca, valor nutritivo e interacción genotipo ambiente en líneas imberbes de cebada forrajera. Tesis de Maestría. UAAAN, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Correa V.J. 1990.** El proceso de germinación. En:Treviño D.T. Jara N.L.(eds) Memorias Seminario- taller sobre investigación en semilla forestales tropicales, Bogotá Colombia, Octubre 26-28 1988.95-100pp.
- CYMMYT (International Maize and Wheat Improvement Center). 2004.** Seeds of Innovation: CIMMYT's Strategy for helping to Reduce Poverty and Hunger by 2020. México, DF: CIMMYT, P. 6.
- Dalpasquale, V., De Queiroz, D., Marques, P., y Antonio, J. 1991.** Secado de granos: natural, solar y a bajas temperaturas. FAO. Recuperado en línea <http://www.fao.org/3/x5058s/x5058S00.htm#Contents>
- Demir I., Tekin A., Okmen Z.A., Okcu G., Kenanoglu B.B. 2008.** Seed quality, and fatty acid and sugar contents of pepper seeds (*Capsicum annum L.*) in relation to seed development and drying temperatures. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 32(6): 529-536.
- Doria J. 2010.** Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. Cultivos Tropicales, 31(1) 74-85.
- Fernández S., J. 1985.** Glosario de términos usados en semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp 11.

- Ffolliott, P.F., y Thames, J. L. 1983.** Recolección, manipuleo, almacenaje y pretratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina. FAO, Roma (Italia). Recuperado En línea: <http://www.fao.org/3/Q2180S/Q2180S11.htm#ch9>
- Ghassemi-Golezani K, Aliloo AA, Valizadeh M, Moghaddam M. 2008.** Effects of hydro and osmo-priming on seed germination and field emergence of lentil (*Lens culinaris Medik.*). Not Bot Horti Agrobi 36: 29-33.
- Harris, D. 2006.** Development and Testing of “On-Farm” Seed Priming. Advances in Agronomy, vol 90. 129-178. Recuperado. Doi: [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(06\)90004-2](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(06)90004-2)
- Harris, D., Raguwahnsi, B. S., Gangwar, J. S., Singh, S.C., Joshi, K. D., Rashid, A. y Hollington, P. A. 2001.** Participatory evaluation by farmers of on-farm seed priming in wheat in India, Nepal and Pakistán. Expl Agric. Vol 37. 403-415.
- Hart, H. R., G. E. Carlos and D. E. Mc. Cloud. 1971.** Cummulative effects of cutting management on forage yields and tiller densities of tall fescue and orchard grass. Agron. J. 63 (4): 895-898.
- Hartman, H. T y Kester D. 1987.** Propagación de plantas 2ª. Edición, Editorial CECSA. México. 138-140 pág.
- Herrera, C. C.; Carrillo, C. G.; González, H. V. A.; Carrillo, S. J. A.; Peña, V. C. V. y García, N. J. R. 2011.** Tratamientos químicos para recuperar la germinación en las semillas de cebolla. Rev. Chapingo Serie Hort. 17:63-72.
- Heydecker W., Higgins J., Gulliver R. L. 1973.** Accelerated germination by osmotic seed treatment. Nature 246:42-44.
- Huebner, G. 2000.** Triticale forage, yield and field value compare to traditional cereal grains Manitoba Agriculture, Canada. <http://www.esso-farm-tek.com/summer1998/forage.html>.
- Huerga, M. P. 2005.** El problema del origen de la agricultura mundial a la luz de las últimas investigaciones de Nicolai Vavilov. Lull: Revista de la sociedad Española de historia de las ciencias y de las técnicas. Vol 28(61), pag 195-208.

- International Seed Testing Association (ISTA). 1985.** Rules for Seed Testing. USA
- International Seed Testing Association (ISTA). 2004.** International Rules for Seed Testing. Zurich, Switzerland. 243 p.
- Isely, D. 1975.** Vigor test. Proc. Assoc. Off. Seed Anal. 47: 176-782.
- Khazaei, H., Nezami, A., Dashti, M., y Meharabadi. 2010.** The effects of seed priming on germination traits of triticale in salinity stress conditions. Journal New Findings in Agriculture 4(16) 303-318p. Recuperado en línea <https://www.sid.ir/en/Journal/ViewPaper.aspx?ID=336331>
- Kyauk, H., Tolva, N. W., Brigham, R. D. 1995.** Effects on temperature and presoaking on germination, root length and shoot length of sesame (*Sesamum indicum* L.). Environmental and Experimental Botany, 35(3), 345-351.
- López, R. G. F. 2005.** Ecofisiología de árboles. Universidad Autónoma Chapingo. pp. 218-221.
- McDonald M.B. 2000.** Seed Priming, In: Seed Technology and its biological, Ed. By M. Black and J.D. Bewley, Sheffiet, Academic Press, p. 286-325.
- Méndez N., J. R., Merazo Pinto, J. F., y Montaña 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.
- Méndez, V. M. V. 2004.** Comportamiento de cebadas forrajeras imberbes (*Hordeum vulgare* L.) a través de cuatro ambientes. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Mendoza, H y Bautista, G. 2002.** Diseño Experimentaal. Universidad Nacional de Colombia, http://red.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000352/html/un3/cont_313-56.html
- Licencia: Creative Commons BY-NC-ND.
- Montejo, L. 2002.** Tratamientos pregerminativos de hidratación-deshidratación de las semillas y sus efectos en las plantas de interés agrícola. Agronomía costarricense 25(1):67-92.
- Moo-Muñoz, A. J., Latournerie-Moreno, L., Pinzón-López, L. L., Ayala-Garay. O. J., y Tzec-May, Y. A. 2016.** Efecto de la madurez y secado de semilla de

- Capsicum chinense Jacq. En la germinación y calidad fisiológica de plántula. Agroproductividad, 9.(1) 63-67pp.
- Moreno, M. E. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas.** Ed. UNAM-FAO. México, D.F. 393 p
- Mutzing, A. 1974.** Historical review of the development of triticale. In: Triticale IDRC-024e. Proc. Intern Symp. 1972. El Batán México p13-30.
- Nadeem, M.K., Qaswar, M., Ahmed, N., Rabnawaz, Rasool, S.J. 2017.** Effect of seed soaking time on germination of maize (*Zea mays* L.) PSP Biol. Res., 02(1):46-50.
- Navarro, M., y Lezcano, J. C. 2008.**Efecto del método de secado en la longevidad y la calidad de las semillas en *Bauhinia purpurea*.: I. Almacenamiento en condiciones ambientales. Pastos y Forrajes, 31(1), 53-54pp.
- Orta, R., Sánchez, J., Muños, B. 2001.** Tratamientos pregerminativos de hidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. Agronomía costarricense. Vol. 25(1) 67-91pp.
- Paiva, É. A., Lemos .J .P y Trombert D. M. 2006.** Imbibition of *Swietenia macrophylla* (Meliaceae) seeds: the role of stomata. Annals of Botany. 98(1):213-217.
- Pérez J; Borel y Bertsch R., 1984.** Elementos prioritarios en la nutrición mineral de *Leucaena leucocephala* (Lam), en un suelo ácido de Costa Rica, Turrialba, 34 (1), pp. 91-98.
- Pérez, I., González, Víctor., Molina, Juan., Ayala, O y Peña, A. 2008.** Efecto de desarrollo y secado de semillas de *Physalis ixocarpa* Brot en germinación, vigor y contenido de azúcares. Interciencia, 33(10), 762-766.
- Perry, D. A. 1981.** The concept of seed vigor and its relevance to seed production techniques. In: Hebblethwaite, P. D. (ed.). Seed production Butterworth Co. Great Britain.584-591p.
- Plana, R., Álvarez, M. y Varela, M. 2006.**Evaluación de una colección del género *Triticum*:trigo harinero (*Triticum aestivum* ssp. *aestivum*), trigo duro (*Triticum turgidum* ssp. *durum*) y triticale (*X Triticosecale Wittmack*) en las condiciones del occidente de Cuba. Cultivos Tropicales. 27(4). 49-52p.

- Poehlman, J. M. 1981.** Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa, México.453p.
- Popinigis, F. 1985.** Fisiología de semente. AGIPLAN. 2da. Ed. BRASILIA-D.F. p.40-70.
- Quiñónez, M. A. 1967.** Mejoramiento genético del anfiploide triticales. Folleto de Investigación No. 6. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México.
- Ramírez Mejía J.L. 2016.** Tasa de imbibición y su relación con la fisiología de las semillas en siete genotipos de trigo (*Triticum aestivum*) (Tesis de pregrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Rangel F. M. A., Córdova T. L., y Cárdenas S. E. 2014.** Pérdida de tolerancia a la desecación durante imbibición-germinación en semillas de maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 5(5), 833-845.
- Rashid, A., Hollington, P.A, Harris, D. y Khan, P. 2006.** On-farm seed priming for barley on normal, saline and saline-sodic soils in North West Frontier Province, Pakistán. European Journal Agronomy. Vol 24(3), 276-281.
- Robles, S.R. 1976.** Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa México.
- Robles, S.R. 1990.** Producción de granos y forrajes. 5ª edición Editorial Limusa S.A de C.V México.
- Rodríguez, P.J.E. y Moreno. G. R. 1994.** Secano, variedad de triticales para áreas de temporal. In; Ramírez V.,P.,F. Zavala G., N.E. Treviño H., E. Cárdenas C. y M. Martínez R. (comps.). Memorias del 11º Congreso Latinoamericano de Genética (área vegetal) y XV Congreso de Fitotecnia. Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. México.p.109.
- Romero, D. R. 1985.** Estudio de las características agronómicas y de calidad, parámetros genéticos y correlaciones en líneas completas y substituidas de triticales hexaploides, Tesis Maestría UAAAN Buenavista Saltillo Coahuila México.
- Royo, C. 1992.** El triticales bases para el cultivo y aprovechamiento. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

- Sánchez J.A. y Muños B.C. 2003.** Manual sobre agricultura sostenible. Capítulo 4.2 Pre-acondicionamiento de las semillas como factor de éxito en la agricultura orgánica. Instituto de Investigaciones de Ecología y Sistemática, (IES), La Habana, Cuba.
- Sánchez, J. A., Calvo, E., Muñoz, B., y Orta, R. 1999.** Efecto de los tratamientos pregerminativos de hidratación- deshidratación sobre la germinación, establecimiento, floración y fructificación del pepino. *Agronomía Costarricense*, 23(2), 193.
- Sánchez, J. A., R. Orta, y B. Muñoz. 2001.** Tratamientos pre germinativos de hidratación – deshidratación de las semillas y sus efectos en plantas de interés agrícola. *Agronomía. Costarricense*. 25: 67-92.
- Sánchez, M. J., Padilla G. J., Sandoval, I. E., Arellano, R. L., Avendaño., y Gómez, C. S. 2006.** Terminología de semillas. Departamento de Producción Agrícola – División de Ciencias Agronómicas. Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. Universidad de Guadalajara. Ed. Prometeo Editores. Guadalajara, Jalisco, México. 1440 pág.
- Sánchez, M.J., Hernández, Peña, A. y Carballo, C. 2007.** Acondicionamiento osmótico de semillas de tomate de cáscara. *Agric. Téc. Méx.* 33:115-123.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2015.** Manual gráfico para la descripción varietal de trigo (*Triticum spp.*) primera edición español e inglés .D.R. © Servicio Nacional de Inspección y Certificación de semillas (SNICS). El Cortijo, Tlalnepantla, Estado de México. pp 16.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesca (SIAP). 2019.** Anuario Estadístico de la Producción Agrícola. En línea: <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Shewry P. R. 2009.** Wheat. *Journal of Experimental Botany*. 60(6) 1537-1553.
- SNICS. 2014.** Regla para la clasificación de semillas de avena, cebada, centeno, trigo y triticale. En línea: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/172406/Cereales.pdf>
- Sprague, M. A. 1966.** Los cereales como forraje. En: Hughes, H. D., M.E. Health y D. S. Metcalf (Eds). *Forrajes*. 2a. Ed. CECSA. México. Pp. 373-376.

- Suárez D. y Melgarejo L. M. 2010.** Experimentos en fisiología vegetal, Biología y germinación de semillas. Universidad Nacional de Colombia. Colombia, p. 14.
- Thompson. J. R. 1979.** An introduction to Seed Technology. Leonard Hill. London. 252p.
- Varughese, G., Barker T., y Saari E. 1987.** Triticale. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT). México. D.F. 32p.
- Veselova, T. V. and Veselovsky, D. V. A. 2003.** Investigation of atypical germination changes during accelerated ageing of pea seeds. Seed Sci. Tech. 31:517-530
- Ward, S., J. Crowder, and R. Nelson. 1994.** Triticale forage yields at Overton for 1993-94. [http://leviathan.tamu.edu:70/0/dac/rburns/overton/forage livestock.1996/fdtro96.html](http://leviathan.tamu.edu:70/0/dac/rburns/overton/forage_livestock.1996/fdtro96.html).
- Wolff, A. 1976.** Trigo por Centeno = Triticale. CIMMYT. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. México. P 5-15.
- Yagmur, M., y Kaydan, D. 2008.** Alleviation of osmotic stress of water and salt in germination and seedling growth of triticale with seed priming treatments, African Journal of Biotechnology, 7(13), 2156-2162.
- Zamudio, G. 2013.** Utilización de tratamiento físicos, químicos y mecánicos en la eliminación de la latencia en semillas de cortadillo, (*Nolina cespitifera*) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Zhu, F. 2018.** Triticale: Composición nutricional y usos alimentarios. Food Chemistry, 241, 467-479.