

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Calidad Física, Fisiológica y Sanitaria de 10 Genotipos de Trigo Producido
con Bajo Manejo Agronómico.

Por:

GABRIELA ROJO GARCIA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo Coahuila, México

Diciembre de 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Calidad Física, Fisiológica y Sanitaria de 10 Genotipos de Trigo Producido con
Bajo Manejo Agronómico.

Por:

GABRIELA ROJO GARCIA

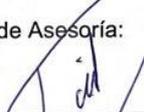
TESIS

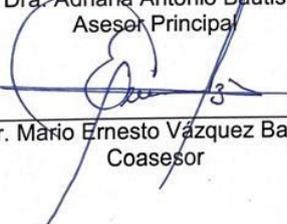
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dra. Adriana Antonio Bautista
Asesor Principal


Dr. David Sánchez Aspeytia
Asesor Principal Externo


Dr. Mario Ernesto Vázquez Badillo
Coasesor


M.P. Víctor Manuel Villanueva Coronado
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2024

DECLARACION DE NO PLAGIO

El autor quien es responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no ocurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos textos sin citar la fuente o autor original (copia-pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar el autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante



Gabriela Rojo Garcia

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	v
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCIÓN	10
Justificación	11
Objetivo General.....	13
Objetivos Específicos	13
Hipótesis.....	13
REVISIÓN DE LITERATURA.....	14
Origen e Historia del Trigo.....	14
Generalidades del Cultivo	15
Clasificación Taxonómica.....	16
Raíz.....	16
Tallo	17
Hojas	18
Espiga	20
Flores	20
Fruto.....	21
Requerimientos edafoclimáticos.....	22
Clima	22
Temperatura.....	23
Precipitación.....	24
Suelo	24
pH.....	25
Producción a Nivel Mundial	25
Importancia del Trigo en México.....	26
Mercado Nacional	26
Clasificación del trigo según la NMX-FF-036-1996	27
Trigo harinero (<i>Triticum aestivum</i> L.x).....	28

Trigo cristalino <i>Triticum durum</i> L.	29
Factores que afectan la calidad de la semilla.	30
Factores genéticos	30
Adversidad durante el desarrollo de la semilla	30
Adversidades en el campo después de la maduración fisiológica y antes de la cosecha	30
Grado de madurez	30
Tamaño de la semilla	31
Densidad de las semillas.....	31
Daños durante la cosecha y acondicionamiento	31
Daños térmicos durante el secado	31
Contenido de humedad durante el almacenamiento	31
Condiciones ambientales en el almacenamiento	32
Tipo de empaque	32
Ataque por insectos.....	32
Ataque por hongos	32
Efecto del ambiente sobre la calidad de la semilla	33
Atributos de Calidad de Semillas	35
Calidad Genética.....	36
Calidad física.....	37
El peso de mil granos.....	37
El peso hectolitrito	38
Calidad Fisiológica	38
Calidad Sanitaria	40
Enfermedades Trasmisibles por Semilla	42
La punta Negra en Trigo Harinero	43
Hongos de campo y su importancia	46
Hongos de almacén y su importancia.....	47
Manejo del cultivo.....	51
Preparación de terreno.....	51
Semilla.....	51
Siembra	51
Profundidad de semilla.....	52

Densidad de semilla	53
Fertilizante	53
Nitrógeno.....	53
Fósforo	53
Potasio	54
Azufre	54
Control de malezas	55
Purificación de lote	55
Cosecha y trilla.....	56
Labores de post cosecha	56
Almacenamiento.....	56
MATERIALES Y MÉTODOS.....	57
Ubicación del Sitio Experimental	57
Material Genético	57
Procedencia del Material Genético	58
Análisis físico.....	58
Peso volumétrico (PV).....	58
Peso de mil semillas (PMS).....	59
Análisis fisiológico	59
Prueba de germinación	59
Longitud Media de Plúmula (LMP)	60
Peso seco (PS)	61
Micobiota en Semillas.....	61
Siembra de Semillas en el Medio Malta Sal Agar (MSA)	62
Sanidad en Medio Malta Sal Agar (MSA)	62
Variables evaluadas	63
Análisis Estadístico.....	64
Modelo estadístico	64
RESULTADOS Y DISCUSION	65
Características físicas	68
Características fisiológicas	70
Características sanitarias	75

CONCLUSIONES 76
RECOMENDACIONES 78
LITERATURA CITADA 79

DEDICATORIA

A Dios nuestro señor

Por haberme guiado por un buen camino, brindarme salud y sabiduría para culminar una meta tan importante en mi carrera profesional y en mi vida.

A mi herma

Isabel Rojo Garcia†

Siempre creíste en mí hasta el último momento de tu vida, me guiaste con tus consejos, con tu amor, eres y serás siempre mi inspiración en cada una de mis metas, tu deseo se ha cumplido luchaste hasta tu último momento para verme concluir mi formación como profesional, siempre creíste en mí, me veías convertida en una profesional, luchando por cada una de mis metas, me enseñaste a creer en mí y a luchar a pesar de la adversidad, me diste tu mano cuando más la necesite nunca me dejaste sola estuviste a mi lado en contra de quien fuera. Puedes estar tranquila se ha cumplido tu sueño, hasta el cielo Mi Chavelita.

A mis hijos

Avril Isabel Zarate Rojo

Samara Zarate Rojo

Josafat Zarate Rojo

Por ser mi mayor motivación y la razón por la que siempre busco superarme. Son el motor de mi vida, me han acompañado en mi trayectoria, me impulsan cada día a seguir adelante, ustedes son quienes llenan mi vida de alegría y propósito. Cada madrugada de trabajo, cada momento de esfuerzo y dedicación en este proyecto y en cada día de mi vida, lo realizo pensando en ustedes. Espero que este logro les demuestre que, con esfuerzo y perseverancia, todo es posible. Ustedes son mi razón para no rendirme y mi mayor inspiración para seguir creciendo.

A mi esposo

M.C. Joan Gerardo Zarate Solorio

Por ser mi compañero de vida, mi apoyo incondicional y mi mayor fortaleza. En cada paso de este proceso estuviste ahí, sosteniéndome con tus palabras, tu paciencia y tu amor. Gracias por creer en mí incluso cuando yo misma dudaba y por recordarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo, dedicación y amor.

A mis padres

Sr. Jaime Rojo Cortes

Sra. Ana Bertha Garcia Enríquez

Quienes, con su amor, consejos, regaños, me ayudaron a salir adelante, guiándome siempre por el camino del bien inculcándome valores, por creer en mí y apoyarme en cada una de mis etapas para llegar a concluir mi carrera como profesional. No solo me dieron la vida, me dieron las armas para salir adelante y sobre todo me dieron su mano para seguir levantándome de cada uno de mis tropiezos. Gracias por creer en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)**, mi Alma Mater por haberme dado la oportunidad del estudio, alimentado y cuidado en esta trayectoria de formación académica y personal.

A mis abuelitos **Ofelia Enríquez Camacho y Roberto Garcia Gómez[†]**, por sus consejos, por apoyarme y acompañarme siempre en mi camino, por velar siempre por mi porvenir y nunca dejarme sola, estar en los momentos más difíciles de mi vida y darme su mano para seguir adelante.

A mis hermanos **Susana Rojo Garcia, Jaime Rojo Garcia y Alejandro Rojo Garcia**, son parte de mi vida, de mi historia, gracias por todos los momentos que vivimos juntos y por demostrarme que puedo salir adelante, por hacerme fuerte en los momentos más difíciles.

A mis amigas **Isabel Cruz y Ana Lizeth Osornio**, se han convertido en parte de mi vida, gracias por todos y cada uno de los momentos vividos a su lado, por esas locuras que me hacían los días a su lado, por hacerme llevadera nuestra estancia y por seguir siendo parte de mi vida.

Al **Ing. Raúl Gándara**, por transmitir su conocimiento, sus consejos y sobre todo su apoyo para concluir mi formación.

Al **Dr. Víctor Zamora Villa**, por sus consejos, su motivación y ese entusiasmo característico, por acompañarme durante mi formación.

Al M.P. **Víctor Villanueva Coronado**, por acompañarme en esta trayectoria y ayudarme a concluir en mi formación, por sus consejos, charlas y los trabajos que compartimos.

A la **Dra. Adriana Antonio Bautista**, por permitirme y darme la confianza de realizar esta investigación para concluir mi formación. Muchas gracias.

Al Dr. **Mario Ernesto Vázquez Badillo**, por su apoyo para realizar esta investigación y por compartir su conocimiento. Muchas gracias.

Al Dr. **David Sánchez Aspeytia**, por darme la oportunidad de realizar esta investigación para concluir mi formación. Muchas gracias.

ÍNDICE DE TABLAS

Cuadro	Descripción	Página
1	Variedades utilizadas.....	57
2	Tratamientos de Fertilización Nitrogenada.....	58
3	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas para las variables evaluadas en el laboratorio en las variedades de semilla de trigo.....	65
4	Comparación de Medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto de la dosis de fertilización Nitrogenada.....	66
5	Comparación de Medias de las variables evaluadas en el laboratorio en las diferentes variedades.....	68
6	Comparación de Medias de las variables evaluadas en variedades*tratamiento.....	69
7	Comparación de Medias de las variable evaluada S GER en variedades*tratamiento.....	71
8	Comparación de Medias de las variable evaluada P NOR en variedades*tratamiento	72
9	Comparación de Medias de las variable evaluada P ANOR en variedades*tratamiento	73
10	Comparación de Medias de las variable evaluada LMP en variedades*tratamiento	74
11	Comparación de Medias de las variable evaluada PES en variedades*tratamiento.....	74
12	Comparación de medias de la variable evaluada INS HONGOS en variedades*tratamiento.....	75

RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum L.*) es el cereal más utilizado en la alimentación humana, se cosecha prácticamente en todo el mundo. En México se emplea el 15% de la producción de trigo como semilla. El estrés hídrico, las deficiencias de minerales y las temperaturas extremas son las más comunes y de mayor efecto en la calidad de la semilla. La capacidad de la semilla para germinar y producir una planta normal, es el principal atributo para evaluar su calidad.

En este estudio se evaluó la calidad física, fisiológica y sanitaria de las semillas de diez genotipos de trigo, proporcionadas por el INIFAP de las cuales fueron proporcionadas cinco de trigo harinero y cinco de trigo duro, dichas variedades fueron producidas bajo condiciones de estrés con 5 diferentes dosis de fertilización Nitrogenada. Las variables a evaluadas en calidad física fueron; Peso de Mil Semillas (PMS), Peso Volumétrico (PV). Para calidad fisiológica las variables evaluadas fueron: Semillas Germinada (S GER), Plántula Normal (P NOR), Plántula Anormal (P ANOR), Longitud Media de Plúmula (LMP), Peso Seco (PES) y para calidad sanitaria se evaluó la Incidencia de Hongos (INS). La interacción de tratamiento*variedades mostraron diferencias altamente significativas en las variables Peso de Mil Semillas (PMS), Peso Volumétrico (PV), Plántula Normal (P NOR), Plántula Anormal (P ANOR) y Longitud Media de Plúmula (LMP). Así mismo mostro que no se encuentra significancia en las variables S GER, PES e INS. En conclusión, la investigación proporciona datos significativos acerca de cómo las condiciones de estrés y la fertilización influyen en la calidad de las semillas de trigo, resaltando características particulares que

pueden ser beneficiosas para optimizar las prácticas agrícolas y elegir genotipos con mayor rendimiento.

Palabras clave: *Triticum aestivum* L., calidad física, calidad fisiológica, calidad sanitaria, fertilización Nitrogenada, genotipos.

INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum*L.) es el cereal más utilizado en la alimentación humana debido a su alto valor energético y mayor contenido de proteínas en comparación con el maíz (*Zea mays*L.) y arroz (*Oryza sativa*L.). Este cereal se cosecha prácticamente en todo el mundo, aunque el hemisferio norte presenta condiciones más propicias para su cultivo como altitud y bajas temperaturas. La superficie de trigo que se siembra a nivel mundial y su comercio superan a los demás cultivos agrícolas juntos (FIRA, 2015). En México se produjeron en el año 2020 cerca de tres millones de toneladas, concentradas en los estados de Sonora, Baja California y Guanajuato al aportar en conjunto 72.7% de la producción nacional (SIAP, 2022), el cultivo es considerado como el segundo cereal más importante en la dieta de los mexicanos, que consumen en promedio 57.4 kg per cápita al año.

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

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

En los últimos años las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo del trigo se han estado comportando de manera errática, lo cual ha ocasionado reducciones importantes en los rendimientos del cultivo debido al cambio climático.

El cultivo de trigo en México tiene como objetivo primordial el proveer de materia prima a la industria harinera, cada variedad de trigo generada por el INIFAP tiene una amplia área de adaptación para poder potencializar al máximo el rendimiento y los atributos de la calidad industrial. Las variedades actuales de trigo reúnen las características de alto potencial de rendimiento, estabilidad, resistencia a enfermedades y calidad industrial específica.

Justificación

El cambio climático repercute en una mayor frecuencia de eventos extremos de temperatura y precipitación pluvial que se traduce en sequías e inundaciones más frecuentes y, a su vez, afecta directamente en el sistema alimentario,

reduciendo la disponibilidad de alimentos e incrementando la desigualdad del acceso a sectores desfavorecidos de la población; si a esto añadimos variables socioeconómicas del manejo de riesgo en vías de acceso e instalaciones obtendremos un efecto más relacionado con los estratos económicos y los grupos originarios (The global food and security programme, 2015).

En el caso del trigo, que proporciona alrededor del 20% de los carbohidratos y el 20% de las proteínas en la dieta humana, sin mencionar el 40% de las exportaciones totales de cereales, las cosechas arruinadas por las olas de calor, las sequías y los brotes de enfermedades en los cultivos pueden hacer que los precios de los alimentos se disparen. impulsando el hambre, la pobreza, la inestabilidad, la migración humana, la inestabilidad política y los conflictos en el mundo.

Las altas temperaturas extremas y el comienzo temprano del verano en el sur de Asia en 2022, por ejemplo, redujeron los rendimientos de trigo hasta en un 15% en partes de las llanuras indogangéticas, una zona que produce anualmente más de 100 millones de toneladas de trigo de 30 millones de hectáreas de tierras de cultivo.

Investigadores en diversos países están trabajando en el desarrollo de semillas de trigo que puedan soportar temperaturas más altas, resistencia a la sequía y tolerancia a suelos salinos, lo que permitiría a los agricultores continuar produciendo a pesar de las condiciones desfavorables.

Objetivo General

Evaluar la calidad física, fisiológica y sanitaria de la semilla de diez genotipos de trigo producidos con bajo manejo agronómico.

Objetivos Específicos

- Analizar la calidad física de la semilla.
- Analizar la calidad fisiológica de la semilla.
- Analizar la calidad sanitaria de la semilla.

Hipótesis

Las semillas producidas con bajo manejo agronómico presentan una disminución de su calidad física, fisiológica y sanitaria.

REVISIÓN DE LITERATURA

Origen e Historia del Trigo

El cultivo del trigo es uno de los más antiguos de la humanidad, por esta razón, los productos derivados de este, son fundamentales para la alimentación humana. Su origen data de la civilización mesopotámica, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el Medio Oriente y fueron los egipcios quienes descubrieron la fermentación del trigo y lo usaron en la elaboración de alimentos. La historia de los cereales, especialmente del trigo, y la civilización humana han estado muy vinculadas. Por tal motivo, constituye el cultivo más antiguo sembrado por el hombre en inmensas extensiones y en grandes cantidades (Moreno *et al.*, 1997).

El trigo, desde su introducción en México, ha permitido la elaboración de productos que constituyen una fuente de energía esencial para la dieta de los mexicanos. En la actualidad, la demanda de trigo y el consumo de productos elaborados a base de este cereal han ido en aumento; lo cual, representa un reto para la autosuficiencia alimentaria de la población. Se le considera al trigo en grano un producto estratégico debido a que es un alimento de enorme demanda gracias a su alto contenido nutricional, factor que contribuye al fortalecimiento del sector alimentario, además de ser uno de los recursos de mayor importancia en la dieta de los mexicanos.

Generalidades del Cultivo

Con el tiempo, los trigos fueron evolucionando, resultando al final un trigo en el cual sus granos se encontraban desnudos y las espiguillas articuladas dando lugar a una nueva especie. Estos fueron conocidos como los primeros trigos duros (*Triticum durum*) que son trigos tetraploides y que poseen el genoma AABB, se cree que ocurrió aproximadamente hace unos 8,000 años, producto de la evolución y selección. Por otro lado se presume que en el mismo periodo, éstos trigos Emmer, nuevamente se cruzaron con otra especie de zacate diploide silvestre (*Aegilops tauschii* / *T. tauschii*), que poseía el genoma DD, obteniéndose de esta manera otra nueva especie de trigos hexaploides (*T. spelta*), hace unos 9,000 años, la cual contenía el genoma AABBDD, conocidos como Trigos espeltas, los cuales a su vez evolucionaron (8,500 años) dando lugar a los primeros trigos harineros modernos (*T. aestivum*) quienes tenían la característica de poseer un grano desnudo (Peng J. *et al.*, 2011).

Clasificación Taxonómica

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Liliopsida*

Orden: *Poales*

Familia: *Poaceae*

Género: *Triticum*

Especie: *aestivum*

(CIMMYT 2011).

Raíz

Posee un sistema radicular fibroso, el cual se forma primeramente con la germinación de la semilla al salir la radícula, la cual es la primer estructura que emerge del grano en el proceso germinativo, posteriormente en la base de la radícula emergen dos o tres raíces seminales laterales y que en ocasiones pueden llegar a formarse hasta ocho raíces formando así el sistema radicular primario que dará fuerza a la emergencia de la plántula, a estas raíces se les conoce como raíces seminales (rs), pudiendo profundizar hasta 2.0 m, éste tipo de raíz permanecen funcionales por un tiempo, este proceso se puede observar al momento en que la planta de trigo ha mostrado su segunda hoja (los primeros 30 días), al emerger el coleóptilo y posteriormente formarse los primeros nudos

del tallo se inicia el desarrollo de otro tipo de raíz que emergen de los nudos basales del tallo y que se encuentran bajo la superficie del suelo, éstas raíces son las que en el futuro formaran el sistema radicular de la planta de trigo, a estas raíces se les conoce como raíces coronarias, nodales o adventicias, este proceso se inicia más o menos cuando la planta presenta la cuarta o quinta hoja y se inicia el amacollamiento.

Al comienzo de la floración, la raíz ya ha alcanzado su máxima profundidad pudiendo alcanzar una profundidad de 1.5 m, estas raíces (coronarias) se desarrollan más en forma horizontal que las raíces seminales, sin embargo, el máximo de raíces de absorción se encuentra dentro de los primeros 30 a 40 cm de profundidad (Jose *et al.*, 2023).

Tallo

La planta de trigo posee un tallo principal el cual se desarrolla a partir del crecimiento de la plúmula en la germinación, es un tallo erecto, cilíndrico, liso, con nudos sólidos, que puede alcanzar una altura de 60 a 120 cm. En el tallo se pueden formar de cuatro a seis hojas en la parte superior o hasta diez hojas en conjunto, rematando en una inflorescencia por lo que su hábito de crecimiento es de tipo determinado, presenta una gran capacidad de ramificación, formándose las ramas a partir de los primeros nudos, localizados en la porción basal de la planta, cada rama también tiene la capacidad de formar nuevas ramas a partir de los nudos basales.

A todas estas ramificaciones se les conoce como hijuelos y al evento en la formación de hijuelos se le conoce como ahijamiento o amacollamiento. Cada hijuelo tiene la capacidad de formar una inflorescencia en su porción terminal, sin embargo, dependiendo de las condiciones ambientales, pueden presentarse hijuelos que no alcanzan su total desarrollo y no alcanzar a formar una inflorescencia, sobre todo aquellos hijuelos que se desarrollan después de la aparición de la quinta hoja.

El número de hijuelos que puede presentarse en una planta de trigo depende de muchos factores, tales como: la variedad, densidad de siembra, fertilización, fecha de siembra, temperatura, humedad, etc. lo que al final repercutirá en el rendimiento, formando de esta manera, parte importante dentro de los componentes del rendimiento del cultivo (Jose *et al.*, 2023).

El tallo es hueco, excepto a nivel de los nudos, tiene forma cilíndrica y termina en una espiga. El número de entrenudos en el tallo principal fluctúa en promedio, entre seis y siete, brotando de cada nudo una hoja en forma alterna. Una vez que la planta desarrolla su primer nudo en el tallo principal, se inicia la etapa de encañado; a partir de esta etapa se va desarrollando la espiga en el extremo apical del tallo (Lersten, 1987).

Hojas

La hoja de la planta de trigo presenta las características morfológicas básicas de los miembros de la familia de las gramíneas, la cual está constituida por una porción basal envolvente que rodea al tallo denominada vaina, otra porción libre

orientada parcialmente horizontal, llamada lamina, cuya forma es alargada, delgada con bordes lisos y nerviación paralela, podemos encontrar también una estructura membranosa o pilosas en la parte interna de unión de la lámina y la vaina, conocida como ligula y en los bordes exteriores de la unión, dos expansiones foliares que rodean al tallo llamadas aurículas, estas dos últimas estructuras son de gran utilidad en la identificación y diferenciación de plántulas de algunos cereales como: trigo, cebada, avena y centeno, a la última hoja se le conoce como hoja bandera y es la hoja que envuelve a la espiga antes de que emerja, la hoja bandera, así como algunas estructuras de la espiga, como las glumas y aristas, son las estructuras que proporcionan la mayor cantidad de asimilados en el llenado del grano de trigo.

Se estima que la hoja bandera le suministra al grano en formación, de un 30 a 75 % de los productos fotosintetizados requeridos en el llenado del grano, siendo la principal fuente de asimilados para la obtención del rendimiento final. Las glumas de la espiga también son capaces de suministrar de un 10 a 75 %, de asimilados en el llenado de grano, siendo más importante su aporte bajo condiciones de estrés hídrico, llegando hasta un 80% (Sánchez-Bragado *et al.*, 2023).

Se menciona que en la hoja bandera la fotosíntesis se va reduciendo durante los primeros 15 días de desarrollo del grano, en cambio las glumas van incrementando su tasa fotosintética (Merah and Monneveux, 2015).

La hoja tiene una longitud que varía de 25 a 30 cm y de 0.5 a 3 cm de ancho. El número de hojas varia de 4 a 6 y en cada nudo nace una hoja, excepto los nudos

que están debajo del suelo que en lugar de hojas producen brotes o macollos (Robles, 1979).

Las hojas se implantan en los nudos del tallo con Filotaxia (disposición que presentan las hojas en el tallo) dística en dos filas alternas. Consta de vaina y limbo y prácticamente no tienen peciolo. El limbo de la hoja tiene forma de lámina triangular alargada paralelinervas y borde entero liso y la vaina es abrazadora respecto del tallo o caña.

Espiga

La espiga se forma en el brote terminal del nudo del ahijamiento. Cuando este termina comienza a elevarse en el tallo, a la vez que este último se alarga en la fase del encañado. Al terminar el desarrollo del tallo aparece la espiga, envuelta en la última hoja. Cuando esto ocurre decimos que el trigo está en fase espigado. La espiga está constituida por un eje llamado raquis, que lleva insertas las espiguillas alternamente a derecha e izquierda. Estas espiguillas están unidas directamente al raquis. Su número puede llegar hasta 25 y se recubren unas a otras (Guerrero, 1999).

Flores

Son poco vistosas, no presentan pétalos ni sépalos, cada flor femenina consta de un ovario del que salen dos estilos terminados en dos estigmas plumosos. Las flores masculinas presentan tres estambres. La fecundación y maduración del ovulo produce el grano de trigo, un fruto de tipo cariósida (Huallpa, 2016). Está

protegida por dos brácteas verdes o glumillas, de la cual la exterior se prolonga en una arista en los trigos barbados (Ramírez, 2004).

Fruto

El fruto del cultivo del trigo se le conoce como cariósipide, el cual está formado por un pericarpio seco soldado a la semilla, esto quiere decir que lo que conocemos como semilla de trigo, en realidad es un fruto y le llamamos comúnmente grano de trigo, este fruto posee una hendidura a todo lo largo del grano, que se llama sutura, además presenta una especie de vellosidades en el ápice, a la que se le conoce como brocha, en la porción opuesta del grano se encuentra el embrión.

El grano está constituido internamente en su mayor porción por el endospermo, tejido en el cual se encuentran las sustancias de reserva (almidón), a su vez el endospermo se encuentra rodeado por una capa de células llamada capa de aleurona, cuya función es la de proporcionar el paquete proteico-enzimático necesario en la germinación de la semilla, para desdoblar las sustancias de reserva (almidón) que se encuentran en las células del endospermo, transformándolos en glucosa.

La otra porción la forma el embrión, el cual está constituido por un cotiledón grande al que se le conoce como escutelo, en la parte superior del embrión podemos observar al coleoptilo, que es una estructura de protección, en la cual se pueden observar en su interior tres primordios foliares que integraran las primeras hojas verdaderas al momento de la emergencia de la plántula y el

meristemo apical, que posteriormente y a través de su desarrollo dará lugar a la porción aérea de la planta de trigo.

También podemos encontrar en la porción inferior del embrión a la coleorriza, que protege a la radícula donde se presentan los primordios de las raíces seminales y que al momento de la germinación inicia su desarrollo saliendo del grano, formando posteriormente lo que será la raíz de la planta de trigo (Jose *et al.*, 2023).

El grano alcanza un tamaño normal de 30 a 45 días después de la polinización, en la parte ventral; en un extremo lleva el germen y en el otro tiene una pubescencia que generalmente le llaman brocha (Urdiano, 2002).

Requerimientos edafoclimáticos

El trigo al igual que otros cultivos requieren de ciertas características para su óptimo desarrollo, las cuales se describen a continuación.

Clima

Robles (1990) indica que el trigo se produce en regiones templadas y frías, pero esto no quiere decir que no se pueda cultivar en otras regiones, debido a la obtención de nuevas variedades que se adaptan a otras regiones o países. Huallpa (2016) menciona que el trigo necesita días largos (más de 12 horas de luz), es resistente a heladas y sequías, por ser planta de floración simultánea, tiene un periodo crítico, que es el que procede y sigue al espigamiento, donde debe disponer de suficiente cantidad de agua para obtener buen rendimiento.

Temperatura

En México se siembra trigo en casi todos los estados de la república y se adapta tanto a tierras pobres en nutrientes, como en tierras ricas, zonas húmedas, semihúmedas y secas. Las condiciones de temperatura varían considerablemente, pero las temperaturas óptimas para una buena producción de trigo oscilan entre 10° y 25°C bajo las condiciones de temperatura en las zonas trigueras de México.

El trigo se produce en regiones templadas y frías situadas desde los 15° a 60° latitud norte y de 27° a 40° de latitud sur, pero esto no quiere decir que no se pueda cultivar en otras regiones (Robles, 1979).

La temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo esta entre 10 y 24°C, pero lo más importante es la cantidad de días que transcurren para alcanzar una cantidad de temperatura denominada integral térmica, que resulta de la acumulación de grados días. La integral térmica del trigo es muy variable según la variedad que se trae. Como ideal puede decirse que los trigos de otoño tienen una integral térmica comprendida entre 1.85°C y 2.37°C. la temperatura no debe ser demasiado fría en invierno ni demasiado elevada en primavera ni durante la maduración (Salas, 2016, Valenzuela, 2011).

Por otra parte, en algunos lugares el trigo germina a 0°C, la temperatura más adecuada para el cultivo de trigo va de los 10 a los 20°C pudiendo notarse que las temperaturas de 16 a 19°C son las mejores (Remache, 2012).

Precipitación

De acuerdo con Villaseñor y Espitia (2000), los requerimientos de agua del cultivo de trigo oscilan entre 400 y 600 mm anuales de agua, siendo la cantidad optima de 400 mm a 500 mm por ciclo agrícola.

Por lo regular las plantas de trigo requieren de 600 a 700 mm. Desde la siembra hasta la cosecha. Se puede cultivar en zonas donde caen precipitaciones entre 25 y 2800 mm anuales de agua, aunque un 75% del trigo crece entre los 375 y 800 mm (Salas, 2016). Huallpa (2016), menciona que en años secos el trigo puede desarrollarse bien con 300 a 400 mm de agua, siempre que la distribución de esa lluvia sea escasa en invierno y abundante en primavera. El trigo es moderadamente tolerante a la sequía, logrando buenos rendimientos con precipitaciones bien distribuidas, especialmente en su desarrollo vegetativo.

Suelo

El trigo requiere suelos profundos, para el buen desarrollo del sistema radicular. Al ser pocos permeables los suelos arcillosos conservan demasiada humedad durante los inviernos lluviosos. El suelo arenoso requiere, en cambio, abundante lluvia durante la primavera, dada su escasa capacidad de retención. En general se recomienda que las tierras de secano dispongan de un buen drenaje, el trigo prospera mal en tierras acidas, las prefiere neutras o algo alcalinas. También los microorganismos benéficos del suelo prefieren los suelos neutros o alcalinos (Salazar y Álvarez, 2008).

La baja fertilidad del suelo es el principal factor limitante en la producción de cultivos en todo el mundo. Las variedades mejoradas de trigo con alto potencial de rendimiento significan poco, a menos que se cultiven en suelos fertilizados adecuadamente (Robles, 1979). Los mejores suelos para un buen desarrollo del cultivo deben de ser sueltos, profundos, fértiles y libres de inundaciones, y deben tener un pH entre 6.0 y 7.5; en terrenos muy ácidos es difícil lograr un adecuado crecimiento (Villaseñor y Espitia, 2000).

pH

El trigo prospera mal en tierras ácidas; las prefiere neutras o algo alcalinas. También los microorganismos beneficiosos del suelo prefieren los suelos neutros o alcalinos (Salas, 2016).

Producción a Nivel Mundial

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estima que la producción mundial de trigo durante el ciclo comercial 2023/24 alcanzó las 784.9 millones de toneladas. Este volumen representaría una disminución anual de 0.5%.

No obstante, destacan los casos de Rusia y Ucrania, donde se proyecta un incremento en la producción del grano, resultando en la segunda posición récord después de 2022/23 para Rusia y los mayores en 2023 para Ucrania (USDA, 2024).

Para 2023/24 China se conservará en la posición número uno en la producción de trigo, con una participación del 17.4%. A tasa anual, se prevé un decremento de 0.8% y un rendimiento promedio de 5.8 toneladas por hectárea para dicho país. El segundo y tercer lugar lo ocuparían la Unión Europea e India, con una participación sobre el total mundial de 17.1% y 14.1%, respectivamente. Ambos países tendrán un crecimiento anual de 0.1%, para el caso de la Unión Europea y 6.3%, para India.

Importancia del Trigo en México

Mercado Nacional

Para el ciclo comercial 2023/24, la producción en México se estima que será de 3.45 millones de toneladas. Este valor representaría una disminución de 3.28% con relación al ciclo previo, debido a una menor superficie plantada, con lo que se rompe la racha de perspectiva de incrementos en la producción nacional de trigo.

Preliminarmente, en el ciclo comercial 2022/23, las cosechas de otoño/invierno representaron más del 90 por ciento del total. Sonora lidera la lista de principales entidades productoras, seguida de Guanajuato, Sinaloa y Baja California. Sonora produjo el 84 por ciento de la producción nacional total de trigo duro, en tanto que Baja California, específicamente el municipio de Mexicali, contribuyó con el 11 por ciento. El trigo duro solo se produce en 10 municipios de todo el país (USDA, 2024).

En relación a la demanda interna de trigo panificable, se estima que para 2023/24 sería de 6.6 millones de toneladas, muy similar a la observada en el ciclo comercial previo. El consumo humano concentraría cerca del 98.3% de la demanda total y el resto se distribuiría entre consumo forrajero, semillas para siembra y mermas.

La demanda de trigo durante 2023/24 estaría compuesta por: 763 mil toneladas para consumo humano, 761 mil toneladas para exportaciones, 301 mil toneladas para consumo pecuario, 51 mil toneladas de semillas para siembra y 11 mil toneladas de mermas. La demanda nacional estaría pronosticada en 1.8 millones de toneladas y sería 3.0% menor a la cifra del ciclo 2022/23.

Clasificación del trigo según la NMX-FF-036-1996

Los trigos en México se clasifican sobre la base de las propiedades del gluten del trigo. Los principales tipos de trigo que se cultivan en México, se dividen en 5 grandes grupos, 4 corresponden a la especie *Triticum aestivum* L. y en 5º grupo que corresponde a la especie *Triticum durum* (NMX-FF-036-1996).

Clase de trigo panificable *Triticum aestivum* L. Es el trigo que se utiliza en la elaboración de harinas para pan, galletas, tortillas y otros, el cual se identifica en cuatro grupos (grupo 1, 2, 3 y 4.) de acuerdo a las características de calidad del gluten (NMX-FF-36-1996).

Grupo 1: (trigos de gluten fuerte). Es el que posee las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria mecanizada de la panificación y para mezclas con trigos suaves (NMX-FF-36-1996).

Grupo 2: (trigos de gluten medio fuerte). Es el que posee las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria artesanal y semimecanizada de pan, así como para mezclas con trigos suaves (NMX-FF-361996).

Grupo 3: (trigos suaves de gluten débil). Es el que posee las características de fuerza y propiedades visco-elásticas aptas para la industria galletera y para la elaboración de otros productos (NMX-FF-36-1996).

Grupo 4: (trigos de gluten tenaz). Es el que posee poca fuerza y valores de tenacidad altos, aptos para mezclas y en la producción de harinas con diferente potencial de utilización en la industria pastelera, galletera y en otros productos (NMX-FF-36-1996).

Clase de trigo no panificable *Triticum durum Desf.* Es el trigo apto para la elaboración de pastas y otros productos, y a ésta corresponde al grupo 5 (NMXFF-36-1996).

Grupo 5 (trigos cristalinos). Aptos para la producción de semolinas, utilizada en la elaboración de pastas y otros productos (NMX-FF-36-1996).

Trigo harinero (*Triticum aestivum L.x*)

Planta gramínea, con una altura de 30 a 150 cm; su tallo es recto y cilíndrico; su hoja es lanceolada con un ancho de 0.5 a 1 cm y una longitud de 15 a 25 cm. Cada planta tiene de 4 a 6 hojas. Su inflorescencia es una espiga compuesta por un tallo central de entrenudos cortos llamados raquis; la flor consta de un pistilo

y tres estambres protegidos por dos brácteas verdes o glumillas (SAGARPA, 2017).

La semilla es un cariósido con forma ovalada y extremos redondeados en uno de los cuales sobresale el germen, y en el otro, un mechón de pelos finos conocido como pincel. Contiene una parte de la proteína llamada gluten, la cual facilita la elaboración de levaduras de alta calidad que son necesarias en la panificación. La molienda de su grano produce una harina que contiene proteínas llamadas gliadinas y gluteninas que en conjunto forman el gluten, el cual facilita la elaboración de panes de levadura de alta calidad (SAGARPA, 2017).

Trigo cristalino *Triticum durum* L.

Planta gramínea, con una altura de 30 a 150 cm; su tallo es recto y cilíndrico; su hoja es lanceolada con un ancho de 0.5 a 1 cm y una longitud de 15 a 20 cm. Cada planta tiene de 4 a 6 hojas. Su inflorescencia es una espiga compuesta por un tallo central de entrenudos cortos llamados raquis; la flor consta de un pistilo y tres estambres protegidos por dos brácteas verdes o glumillas (SAGARPA, 2017).

La semilla es un cariósido con forma ovalada y extremos redondeados en uno de los cuales sobresale el germen, y en el otro, un mechón de pelos finos conocido como pincel. Contiene una parte de la proteína llamada gluten, la cual facilita la elaboración de levaduras de alta calidad que son necesarias en la panificación. La molienda de su grano produce una fracción llamada sémola que contiene proteínas llamadas gliadinas y gluteninas que en su conjunto forman el

gluten, el cual facilita la elaboración de panes de levadura de baja calidad, pero su mayor utilidad es para producción de macarrones y pastas cortas (SAGARPA, 2017).

Factores que afectan la calidad de la semilla.

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

Factores genéticos

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

Adversidad durante el desarrollo de la semilla

Una semilla alcanza su madurez fisiológica cuando logra el máximo contenido de materia seca (Grass y Burris, 1995).

Adversidades en el campo después de la maduración fisiológica y antes de la cosecha

Condiciones de temperatura extrema, daños por insectos, ataques por microorganismos y variaciones en el contenido de humedad (Valadez, 1991).

Grado de madurez

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

Tamaño de la semilla

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

Densidad de las semillas

Semillas ya clasificadas por su tamaño, pueden ser separadas por densidad o gravedad específica.

Daños durante la cosecha y acondicionamiento

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

Daños térmicos durante el secado

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

Contenido de humedad durante el almacenamiento

Alto contenido de humedad es la mayor causa de reducción en la calidad fisiológica de semillas almacenadas.

Condiciones ambientales en el almacenamiento

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

Tipo de empaque

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

Ataque por insectos

Los insectos pueden volverse importantes agentes causales de daños a las semillas en campo o durante el almacenamiento, y reducir drásticamente su calidad fisiológica, germinación y el vigor de la semilla.

Ataque por hongos

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

La infección de plantas y semillas por diversos patógenos sean estos hongos, bacterias o virus, en el campo o en el almacén, pueden reducir directamente el vigor a través de mecanismos de degradación enzimática, producción de toxinas y regulación del crecimiento. La pérdida del vigor de la semilla debido a la infección por patógenos puede también incurrir indirectamente, si la infección patógena llega al grado de limitar la habilidad de la semilla a desarrollarse normalmente en planta.

Existen numerosos patógenos que atacan directamente a las semillas y los resultados de esta infección pueden ir desde una semilla muerta, hasta una semilla que lleve el patógeno sin demostrar el efecto de la enfermedad sobre el vigor (Dornbos, 1995). Moreno (1993) menciona que los hongos que se alojan en las semillas causan diferentes daños, llegando al extremo de ocasionar la muerte del embrión si la infección es muy severa; por el contrario, con infecciones leves, la semilla no pierde su poder germinativo, pero si puede verse afectado su vigor.

Efecto del ambiente sobre la calidad de la semilla

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

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

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

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

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

Atributos de Calidad de Semillas

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

La semilla es la principal responsable de la próxima generación de plantas, manteniendo el germoplasma, mejorando la diversidad de especies y la capacidad de producción (Sharififar *et al.*, 2015). En general se considera que la semilla de alta calidad es el principal insumo para obtener altos rendimientos de los cultivos, al producir plantas sanas, resistentes a enfermedades y a condiciones adversas (Bishaw *et al.*, 2007). En condiciones favorables, la germinación de las semillas se produce rápidamente (Bewley *et al.*, 2006); los factores más importantes para la germinación incluyen agua, temperatura, oxígeno y luz (Raven *et al.*, 2005).

La calidad de la semilla es un concepto agronómico múltiple que engloba a un conjunto de atributos físicos, fisiológicos, genéticos y sanitarios (Bishaw *et al.*, 2007).

Calidad Genética

Se refiere a las características genéticas específicas de la variedad de la semilla (pureza genética). Comprende las características genéticas específicas inherentes a la constitución genética contenida en la semilla que proporciona el potencial para altos rendimientos, mejor calidad de semillas y tolerancia a factores bióticos y abióticos (Bishaw *et al.*, 2007).

La pureza genética tiene un efecto directo en el rendimiento final; así mismo, la autenticidad se determina verificando los registros de la procedencia de semillas para comprobar sus orígenes y trayectoria y los conteos de plantas fuera de tipo en campo (FAO, 2019).

Los trabajos de cruzamiento, selección y las redes de verificación que han desarrollado los centros especializados en mejoramiento genético (públicos y privados), están orientados a obtener variedades e híbridos de mayor productividad, precocidad, adaptabilidad, calidad del grano, mayor eficiencia en el uso de agua y nutrientes, obtenida una nueva variedad o híbrido comienza la etapa de multiplicación bajo normas estrictas de aislamiento, eliminación de plantas fuera de tipo y verificación permanente que permitan asegurar la identidad y pureza genética evitando la degeneración o dilución del genotipo. En este momento se le asigna un nombre y es liberada para su aprovechamiento por parte del productor. (Terenti, 1996).

Calidad física

Se considera como pureza física a la proporción de semilla pura en un lote, una vez identificados los contaminantes como materia inerte y malezas; el componente de las semillas puras, aunado a la capacidad de germinación, determinan el valor para la siembra (FAO, 2019).

La calidad física de la semilla se puede evaluar considerando criterios como contenido de humedad, pureza física, daño mecánico, apariencia, peso de mil semillas y peso volumétrico, entre otros (Tillmann *et al.*, 2003).

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

El peso de mil granos

El peso de mil granos también es un indicador de calidad de las harinas y esto se basa en la asunción de los granos grandes y densos que contienen mayor proporción de endospermo y por lo tanto mayor rendimiento en el molino. Como en el caso del peso hectolitrito no es un índice 100% confiable. En algunos casos altos pesos (1000 g) se relacionan con bajo contenido de proteínas. Esta prueba física está íntimamente relacionada con la condición física del grano, ya que, si el grano está dañado también tendrá un peso bajo (NMX-FF-36-1996 y Wilson, 2000).

El peso hectolitrito

Con esta prueba se mide el rendimiento que dará el trigo por cada kilo y de esta forma se sabe si la variedad está dando buenos granos hablando de peso. Es una de las características más importantes del comercio mundial de trigo y es considerado por el molinero como una característica importante que se encuentra relacionada con el rendimiento de harina, debido a que está relacionado con la condición física del grano y por lo tanto con la densidad real del grano, la cual se expresa en kg/hL^{-1} . Un menor peso del grano es un fuerte indicador de trigos dañados o trozados. Los valores comprendidos entre 76.0 y 79.0 kg/hL^{-1} , están dentro de las exigencias de comercialización de trigo de consumo, valores menores a 68 kg/hL^{-1} quedan descartados (NMX-FF-36-1996, Wilson, 2000).

Calidad Fisiológica

Capacidad de la semilla para germinar, emerger y dar origen a plantas uniformes y vigorosas. El momento en el que una semilla en desarrollo alcanza la madurez fisiológica es cuando llega a la máxima viabilidad; a partir de ese momento comienza a envejecer o perder vigor, porque está expuesta a condiciones ambientales no siempre favorables y si bien su metabolismo es reducido, sigue respirando y gastando energía para mantener sus funciones vitales. Por ello, el ambiente en que se almacene debe ser seco y fresco.

De manera general, las propiedades que deben reunir los lotes de semilla para considerarse de calidad de acuerdo a Doria (2010) son:

- Autenticidad: El lote de semillas debe responder a la especie y cultivar deseado.
- Pureza: Estar libre de semillas extrañas, semillas de malezas u otros cultivares o especies.
- Limpieza: Las semillas deben estar libres de materias extrañas, como palillos o tierra.
- Sanidad: Estar libre de patógenos.
- Viabilidad: Las semillas deben ser capaces de germinar y desarrollar una plántula normal en condiciones óptimas de siembra.
- Vigor: Es la habilidad o característica que posee la semilla de producir plantas sanas y eficientes.

El vigor de las semillas es la suma de esas propiedades que determinan la actividad y el rendimiento de los lotes de semillas, de germinación aceptable, en una amplia gama de ambientes (ISTA, 2013). Villaseñor (2012) define el vigor como la capacidad de la semilla puesta en diversas condiciones ambientales para emerger más rápidamente y producir la mayor cantidad de materia seca en el menor tiempo.

El vigor de la semilla no es una propiedad medible individual, pero es un concepto que describe varias características asociadas con los siguientes aspectos del rendimiento del lote de semillas:

- Velocidad y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas.

- Capacidad de emergencia de las semillas en condiciones ambientales desfavorables.
- Rendimiento después del almacenamiento, particularmente la retención de la capacidad de germinar.

Un lote de semillas vigoroso es uno que potencialmente puede funcionar bien incluso en condiciones ambientales que no son óptimas para la especie (ISTA, 2013). Finalmente, el principal objetivo de mejoramiento en el trigo es lograr y mantener un alto rendimiento a medida que la población humana aumenta con una disminución en la tierra cultivada (Jiang *et al.*, 2014). El uso de semillas con alta calidad favorece una mayor productividad (Munamava *et al.*, 2004), pues el establecimiento deficiente en campo se traduce en un rendimiento bajo en la mayoría de las especies agrícolas (Marcos-Filho, 2005).

Calidad Sanitaria

De acuerdo a FAO (2019), este parámetro se refiere a la presencia de patógenos en un lote de semillas; la sanidad de las semillas es una indicación de si las semillas están libres de patógenos, o enfermedades transmitidas por semillas.

Bringel *et al.*, (2001) consideran que la sanidad es uno de los principales factores responsables de la expresión de la calidad; así mismo ISTA (2013) considera que una semilla posee calidad fitosanitaria cuando está libre de organismos que constituyan factores de riesgo a la producción.

Sandoval (2001) dice que, la calidad sanitaria sigue siendo uno de los aspectos que mantiene preocupada a la comunidad semillera de este país, pues es bien

sabido que las semillas son consideradas como el vehículo más eficiente para el transporte e introducción de los patógenos, por lo que se han venido intensificando los estudios que permitan la identificación de los hongos o bacterias que mayor incidencia tienen en las diferentes especies agrícolas, así como, sobre el uso y la evaluación del efecto de los tratamientos químicos sobre el vigor y sanidad de semilla, buscando además, tratamientos alternativos a base de extractos naturales.

Las semillas constituyen una de las formas en que las especies vegetales sobreviven. Ellas protegen y sostienen su vida, presentando una serie de mecanismos organizados, estando equipadas con fuentes especiales de alimentos que las facultan para soportar un largo tiempo dormantes, hasta que influyan condiciones favorables. Las semillas son vehículos principales para prolongar la vida, sin embargo, en su misión de ser portadoras de características genéticas, agronómicas y morfológicas generadas por la investigación pueden servir también de vehículo para transportar patógenos que pueden producir deterioros de la producción agrícola. (Arriagada, 2000).

En la actualidad, aproximadamente el 90% de las plantas cultivadas a nivel mundial son propagadas por semillas, es común que estas no tengan las condiciones óptimas de calidad sanitaria para su uso y comercialización, debido a la presencia de patógenos que pueden desarrollarse sobre o dentro de ellas (Navarrete *et al.*, 2014).

El éxito de los hongos como fitopatógenos radica en varios hechos entre ellos: producen grandes números de esporas, lo que significa gran potencial de inoculo, las que son fácilmente transportadas por el viento, agua de riego, gotas de agua que salpican la planta, implementos agrícolas, y por supuesto por el hombre a través de las transacciones comerciales, siendo una de ellas las semillas, y desafortunadamente en ocasiones el moviendo de las semillas en los programas de investigación, nacionales e internacionales (Moreno, 1996).

Enfermedades Trasmisibles por Semilla

Las enfermedades que se transmiten por semilla y afectan a trigos y cebadas provocan diversos problemas de cultivo, como germinación, disminución de rendimientos, perdidas de calidad de las cosechas, etc. La importancia de controlar dichas enfermedades desde su origen hace que la presencia de estas patologías sobre el cereal este contemplada y regulada en el reglamento de multiplicación y certificación de semillas. En las semillas de trigo y cebada, existen dos grupos de enfermedades de acuerdo con el lugar del grano donde se conservan las esporas u órganos infectivos de la enfermedad. Así se contemplan enfermedades de contaminación externa (la infección se conserva en el exterior del grano), contaminación interna (la infección se produce en el interior del grano), si bien existen patologías que infectan la semilla tanto interna como externamente las enfermedades de semilla más frecuentes son de origen fúngico (Zúñiga *et al.*, 2010).

Los hongos afectan a los granos de trigo tanto en el campo como durante su almacenamiento. El género que principalmente ataca al grano de trigo en campo es el *Fusarium*, mientras que en almacén es atacado principalmente por especies de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*.

Fusarium considerado como hongos de campo, contaminan al grano durante su desarrollo y su maduración requiriendo una humedad de grano de 20 a 25% (Stenglein, 2009). Las especies de *Fusarium* son patógenos especialmente perjudiciales debido a sus metabolitos secundarios o toxinas que se extienden a los productos alimenticios, convirtiéndose así en un riesgo para la salud de animales y humanos (Eifler *et al.*, 2011).

Aspergillus requiere una humedad del grano entre el 15 y 20 % así como condiciones ambientales de 25° con una humedad relativa de 70%.

Penicillium. Son saprofitos y suelen crecer en sustratos variados. Estos hongos matan y decoloran el germen: resisten bajas temperaturas y producen toxinas como civeovidrin, producida por *P. toxicarium* (Serna, Saldívar, 2009).

La punta Negra en Trigo Harinero

La punta negra, se caracteriza por la aparición en los granos afectados, de un obscurecimiento en la zona del embrión que da nombre a la enfermedad. Los síntomas más frecuentes consisten en la decoloración del extremo embrionario de la semilla, pasando del marrón oscuro al negro con la posibilidad de extenderse hacia el endospermo. La susceptibilidad varietal, así como el manejo del riego parecen ser los factores claves en el control de la enfermedad. La

incidencia de enfermedades criptogámicas en los cereales de invierno ha sido objeto de diferentes estudios, pero la diversidad edafoclimática y del propio material vegetal cultivado hacen que la incidencia e importancia económica de cada uno de los agentes fitopatógenos sea muy cambiante entre las diferentes regiones (Rodríguez *et al.*, 2009).

La enfermedad de la punta negra del trigo se caracteriza por la aparición en los granos afectados, de un oscurecimiento en la zona del embrión que da nombre a la enfermedad punta negra (Black Point). Los síntomas más frecuentes consisten en la decoloración del extremo embrionario de la semilla, pasando del marrón oscuro al negro con la posibilidad de extenderse hasta el endospermo (García *et al* 2012). Tanto el trigo duro (*Triticum turgidum*) como el trigo blando o harinero (*Triticum aestivum*) se ven afectados por esta patología. La susceptibilidad varietal, así como el manejo del riego parecen ser factores claves del control de la enfermedad (Rodríguez *et al.*, 2009).

Varios son los hongos que se han descrito como los causantes de la enfermedad, muchos de ellos saprofitos, por lo que también pueden encontrarse en semillas que no presenten síntomas. Pero según el CIMMYT, es causado por hongos de los géneros *Alternaria*, *Helmithosporium* y *Fusarium* (Chávez - Kohli 2013). Aunque especies de *Cladosporium*, *Stemphylium*, *Epicoccum*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, o *Penicillium* también han sido aisladas de semillas infectadas. Es conveniente destacar el daño que causan los hongos ni solo por el crecimiento de micelio sino también por la producción de micotoxinas (*Alternaria*, *Bipolaria*,

Fusarium y *Aspergillus*) que pueden influir en el poder germinativo de la semilla y en la posterior emergencia de las plántulas (Rodríguez *et al.*, 2009).

Puesto que los síntomas no se hacen patentes hasta los últimos estadios de desarrollo del grano, constituye un papel fundamental en la epidemiología de la enfermedad de la época y disposición del riego. Así pues, condiciones de alta humedad, ya sea por el riego o debido a fuertes lluvias, durante grano lechoso y grano pastoso (estados de crecimiento) incrementan en gran medida la punta negra (Conner, 1989). Las bajas temperaturas y heladas durante el mismo periodo también pueden contribuir a aumentar la infección por parte de los hongos (Fernández *et al.*, 1985).

Varios autores coinciden que existen cultivares de trigo menos propensos al daño por punta negra, de esta forma variedades de grano grande y elevado peso son susceptibles frente a otras de tamaño menor. También se han citado algunas diferencias de porcentaje de infección entre los trigos blandos y los duros (Rodríguez *et al.*, 2009).

Aunque la punta negra no influye en la producción final ni en el contenido de proteína, su presencia en los granos cosechados reduce su valor comercial. La harina obtenida presenta malas cualidades culinarias y a menudo color y olor desagradables. En trigo duro puede verse ligeramente reducido el rendimiento semolero. Además, el trigo rechazado es normalmente utilizado como alimento para el ganado en donde los hongos o las micotoxinas que producen pueden

causar problemas de salud a animales si los consumen en altas cantidades (Rodríguez *et al.*, 2009).

Hongos de campo y su importancia

Todos los productos agrícolas son invadidos por diversos microorganismos durante el desarrollo del cultivo en el campo, cosecha, transporte y almacenamiento, siendo los hongos los más abundantes y la principal causa de enfermedades, ocasionando pérdidas económicas al reducir el potencial de producción de los cultivos que atacan.

Los hongos transmitidos por semilla pueden sobrevivir hasta 10 años como esporas o estructuras de reposo dentro y sobre la semilla (OMAFRA, 2009); por lo tanto, son fuente de inóculo para el siguiente ciclo de cultivo. En campo, la semilla es invadida por hongos como *Fusarium spp.*, y *Helminthosporium spp.*, que causan enfermedades de importancia agrícola (Fakhrunnisa y Ghaffar, 2006). Ivic *et al.*, (2009) encontraron que 5 al 69 % de las semillas de trigo estaban contaminadas con varias especies de *Fusarium* causantes de pudriciones de raíz y tallo, y además productoras de toxinas nocivas.

En campo, los daños por hongos transmitidos por semilla son la disminución del porcentaje de germinación y emergencia, muerte de plántulas poco después de la germinación, y las que sobreviven tienen menor vigor y son susceptibles a otras enfermedades (González y Trevathan, 2000).

Hongos de almacén y su importancia

Los principales factores importantes para el desarrollo de los hongos en granos almacenados en bodegas son la humedad relativa y la temperatura de almacenamiento, y el tiempo en que el grano va a estar almacenado antes de que sean utilizados en la alimentación o en diversas industrias. Si estos productos no están en condiciones adecuadas de almacenamiento, en poco tiempo los hongos prosperan causando deterioro de los granos. El deterioro de éstos, no es problema que sólo se presenta cuando están almacenados, sino también en algunas ocasiones desde el campo, cosecha y transporte de los productos.

Su principal característica es que tienen la habilidad para invadir los granos con contenidos de humedad relativamente bajas, en cereales con contenidos de humedad mínimas del 13.0%. Cuando se almacena grano en presencia de una alta humedad relativa, la toma de humedad sobre la superficie del grano aumentará el nivel localizado del valor de a_w en el cual el crecimiento del hongo será más rápido que bajo las condiciones óptimas de almacenamiento. Estos hongos pueden crecer en un amplio rango de temperaturas. Especies de *Penicillium* crecen de 5 a 40 °C, y las de *Aspergillus* de 0 a 55 °C.

En almacén, la semilla es invadida principalmente por *Aspergillus spp.*, y *Penicillium spp.*, que ocasionan pudriciones, disminución de la calidad física, reducen la germinación, producen decoloraciones, ocasionan otros cambios bioquímicos, y sintetizan toxinas nocivas (Fakhrunnisa y Ghaffar, 2006).

En el género *Aspergillus*, los grupos más frecuentes que se encuentran causando daño a los granos en el almacén, son especies de *A. restrictus*, *A. glaucus*, *A. candidus*, *A. ochraceus* y *A. flavus*. Las otras especies de hongos de almacén son del género *Penicillium*, son menos frecuentes por requerir mayores contenidos de agua y menores temperaturas, sin embargo, también causan el mismo tipo de daño que *Aspergillus* y producen otras toxinas.

Tanto las especies de *Aspergillus* y *Penicillium* son de amplia distribución y uno de los papeles en la naturaleza es la descomposición de la materia orgánica en el suelo, esto por su alta capacidad saprofítica. Esta particular característica, es la razón por la cual estos hongos invaden los granos después de la cosecha y empiezan a declinar su valor fisiológico y nutricional.

El género *Aspergillus* se ha dividido en 18 grupos, con 132 especies, basándose principalmente en características morfológicas específicas y fisiológicas; así como por su estado amorfo del género *Aspergillus*, y los estados teleomorfos (*Eurotium*, *Emiricella* y *Fennellia*).

Por las características morfológicas, fisiológicas y bioquímicas los hongos de almacén se han clasificado en subgéneros y secciones. A continuación, se describen algunas características importantes de los grupos de *Aspergillus* y *Penicillium* que comúnmente se encuentran en los granos.

Grupo *Aspergillus restrictus*. Las especies de este grupo requieren alta presión osmótica para crecer, y humedad relativa entre 70 y 75 %; su crecimiento es muy lento y requiere contenidos de humedad de 14.0 a 14.5% en cereales y de 8.5-

9.0% en cacahuate y copra, causa decoloración, apelmazamiento y afecta la germinación. No son productores de micotoxinas.

Grupo *Aspergillus glaucus*. Las especies de este grupo son osmóticas, requieren una humedad relativa de 75% y crecen en cereales con contenidos de humedad de 14.5-15.0%, en cacahuate y copra de 9.0 a 9.5%, reduce el poder germinativo, decolora el embrión y causa apelmazamiento. No hay evidencias claras de su poder toxígeno, sin embargo, se dice que *A. chevalieri* produce una toxina denominada xantocilina.

Grupo *Aspergillus candidus* Link. Este hongo requiere humedades relativas del 80% y crece en cereales con contenidos de humedad de 15.5-16.0%, en cacahuate y copra de 9.0-9.5%. La presencia de este hongo es indicativa de que el lote de grano está sufriendo deterioro severo. Reduce la germinación, decolora el embrión rápidamente y es uno de los hongos involucrados en el calentamiento de los granos. No se le considera hongo toxígeno.

Grupo *Aspergillus ochraceus*. Las especies de este grupo requieren humedades relativas de 80% y crecen en cereales con contenidos de humedad de 15.5-16.0%, en cacahuate y copra de 9.0-9.5%. Estos hongos reducen el poder germinativo y decoloran el embrión, no son muy comunes en granos, ya que son buenos competidores contra especies de *A. glaucus* y *A. candidus*, sin embargo, cuando se presentan pueden llegar a causar enmohecimiento severo, especialmente en maíz. Estos hongos producen una toxina llamada ochratoxina.

Grupo *Aspergillus flavus*. A las especies de este grupo se les considera principalmente como hongos de almacén, sin embargo, en Estados Unidos y México se les ha encontrado invadiendo al maíz en el campo, especialmente cuando las condiciones ambientales favorecen su desarrollo. Las especies de este grupo requieren humedades relativas de 80-85%, en cereales con contenidos de humedad de 16.5-18.0%, en cacahuate y copra de 10-10.5%. Reduce la germinación y decolora el embrión, su desarrollo en el grano contribuye al calentamiento. Algunas especies producen aflatoxinas.

Las especies del género *Penicillium*, requieren para su desarrollo humedades relativas altas de 85-90%; en cereales, el contenido de humedad para su desarrollo es de 16.5-20.0% y en cacahuate y copra de 10-15%. Estos hongos pueden crecer a temperaturas muy bajas; inclusive bajo cero (-2° C). Causan reducción en la germinación de las semillas, decoloración del embrión y apelmazamiento. Algunas especies son capaces de producir diversas toxinas como la patulina, ácido penicílico, citrinina y ocratoxina.

La presencia de una determinada especie de hongo de almacén en una muestra de grano nos señala las condiciones de humedad a las que estuvo almacenada el grano. El análisis de la microbiota de una muestra de grano también nos puede indicar si el lote proviene de la mezcla de lotes de diferente calidad. Si se aíslan hongos causantes de deterioro avanzado, esto nos indica que esos granos han estado almacenados con altos contenidos de humedad y que otros hongos han antecedido en la sucesión microbiana (Moreno, 1988).

Manejo del cultivo

Preparación de terreno

El trigo requiere un terreno asentado, mullido, limpio de malas hierbas y bien desmenuzado. La naturaleza de las labores, el modo de ejecutarlas y la época oportuna para su realización, varía con el cultivo que precedió al trigo con la naturaleza del suelo y con el clima (Monar, 2016).

Si al trigo le precede un barbecho, antes de sembrar se realizará una labor superficial si el terreno es suelto o profundo si es compacto, seguida de un gradeo.

Semilla Para la siembra se puede utilizar semillas certificadas o la semilla de la propia cosecha anterior. Se recomienda no usar más de dos veces seguidas la semilla de la propia cosecha, para mantener la pureza de línea.

Las semillas deben tener un porcentaje mínimo de germinación de 85%. Éstas deben estar libres de impurezas para que faciliten la siembra (Mellado, 2015).

Siembra

La fecha de siembra es una de las decisiones más importantes que el productor debe tomar en cada inicio del ciclo agrícola, cuando se trata de producción de semilla, por lo que deberá considerar diversos factores que afectan directa e indirectamente el potencial de rendimiento de la variedad que vaya a utilizar. En este sentido, Solís *et al.*, (2004) afirmaron que en las siembras en fechas tempranas (16 de noviembre) el ciclo es más largo porque el cultivo se desarrolla

con temperaturas bajas, la etapa reproductiva tardía de espiguilla terminal a antesis se alcanzó a los 49 d, en siembra intermedia (15 de diciembre) la duración fue 40 d y de 35 d en la fecha tardía (15 de enero); además, las fechas de siembra tempranas favorecen un incremento del número de tallos, la altura de planta, la longitud de espigas y el peso de mil granos, lo que conduce a un incremento del rendimiento (Baloch *et al.*, 2010).

La cantidad de semilla a emplearse para la siembra varía con al tipo de suelo, variedad y método de siembra (Large, 2015). Se recomienda sembrar 140 Kg/ha de semilla con categoría certificada en el sistema de siembra al voleo (Monar, 2017).

Profundidad de semilla

La siembra debe realizarse en surcos separados a una distancia entre 15 y 20 cm, a una profundidad de siembra de 3 - 6 cm. Únicamente se sembrará a mayor profundidad en los siguientes casos:

En tierras muy sueltas, donde las semillas, una vez germinadas, puedan estar expuestas a la desecación. En siembras tardías, pues conviene proteger al trigo de las heladas. Cuando la preparación del terreno no se realice de forma adecuada.

En condiciones normales, se siembra a una profundidad de 2 a 3 cm. Si la tierra está muy seca en la superficie, se debe sembrar a una profundidad de hasta 6 cm.

Si se aumenta la profundidad se corre el riesgo de disminuir la uniformidad de la germinación (Mellado, 2015).

Densidad de semilla

Se emplea una densidad de 300- 400 semillas/m² (de 100 a 135 kilos semilla/ha), con un mínimo de 80% de poder germinativo. Muchos factores influyen en la cantidad de semillas a sembrar. En la práctica, la cantidad de semilla por hectárea varía de 70 hasta 120 Kg/ha de semillas (Ruiz, 2016).

Fertilizante

Nitrógeno

La absorción de nitrógeno depende de su disponibilidad en forma asimilable, como consecuencia puede dar lugar a una absorción excesiva, debido a condiciones adversas; como puede ser: la prolongación de la fase vegetativa, retraso de la maduración, disminución de la resistencia al frío y al encamado y mayor sensibilidad a las enfermedades. Los mayores rendimientos se logran cuando se aporta una mayor cantidad de nitrógeno al comienzo del macollado o durante el mismo y una mayor cantidad durante el crecimiento de los tallos (INIAP, 2016).

Fósforo

Las plantas lo absorben rápidamente como fosfato monovalente (H₂PO₄)-1 y con menor rapidez si está en forma divalente (HPO₄)-2 o como trifosfato (PO₄)-3, la forma de absorción está ligada a las condiciones de pH del suelo. El fósforo

después de haber sido absorbido por las plantas de la solución del suelo se encuentra en formas inorgánicas y orgánicas. Las formas orgánicas tienen mayores importancias, pues participa en funciones estructurales y de energía para el metabolismo de los carbohidratos en sus formas de adenosín difosfato (ADP) y adenosín trifosfato (ATP) (INIAP, 2015).

Potasio

Es necesario para el buen funcionamiento de la hoja. Sin el potasio adecuado estas no son capaces de abrir bien las estomas para realizar la transpiración y el intercambio de gases con la atmósfera. Entre los signos propios de una falta de potasio son la aparición de clorosis, quemazón de las hojas o sequedad en los extremos de la misma que se doblan. Sin un nivel adecuado de este mineral el grano se llena poco porque este mineral es necesario para un buen equilibrio entre carbohidratos y proteínas (CIMMYT, 2015).

El potasio permite conseguir una paja mejor y un grano más pesado. Los suelos arenosos, los que han sido sometidos a rotaciones de cultivos en regadío suelen ser los más deficientes. Se aplica en forma de cloruro potásico junto con la semilla o cerca de la misma.

Azufre

Puede aplicarse cuando se presentan síntomas de deficiencia, como son el amarillamiento de la planta con niveles adecuados de nitrógeno, el cultivo en tierras arenosas o con poco material orgánico (Vega, 2016).

Control de malezas

Durante las primeras etapas de crecimiento de los cereales las malezas compiten con los cultivos por agua, luz, aire y nutrientes. Las malezas pueden también ser huéspedes de plagas y enfermedades, una razón más para mantener los cultivos limpios desde el principio. La proliferación de malezas se puede prevenir con un adecuado manejo del terreno, esto es mediante una buena rotación de cultivos, oportuno laboreo del terreno antes de la siembra. Los métodos de eliminación de malezas incluyen control mecánico con herramientas, cultivadoras de hileras o con rastras flexibles y control químico con herbicidas, sin embargo, los agricultores experimentados utilizan también azadas manuales y rastras de conexiones flexibles entre los dientes para desmalezar, el rastreo tiene la ventaja de favorecer la aireación de la tierra (Curam, 2014).

Purificación de lote

Es una actividad que se debe realizar en el lote con el objetivo de mantener puro el cultivo de trigo y evitar las mezclas con otros cereales u otros cultivos, esta labor consiste en eliminar del lote plantas:

- Extrañas, atípicas, deformes y enfermas
- De otros cereales (cebada y avena)
- De otras variedades de trigo (Garofalo, 2016).

Esta labor puede realizarse por lo menos en dos ocasiones durante el ciclo del cultivo.

La primera al inicio del espigamiento. La segunda cuando el cultivo empiece su madurez fisiológica (inicio del amarillamiento).

Las plantas eliminadas deben ser recolectadas fuera del lote de producción para evitar la mezcla de semillas (Garofalo, 2016).

Cosecha y trilla

La cosecha se realiza cuando la planta ha alcanzado su madurez de campo (grano cristalino), aproximadamente a los 170 a 180 días.

La trilla generalmente se realiza con una trilladora estacionaria. Después de la trilla el grano se lo debe limpiar, secar y clasificar, para posteriormente recolectar en sacos para su comercialización (Aguirre, 2017).

Para la trilla mecánica se recomienda limpiar muy bien la trilladora antes de iniciar esta labor, para evitar mezclas con otras variedades y /o cultivos (Garofalo, 2016).

Labores de post cosecha

Secado Limpieza y clasificación del grano.

Almacenamiento

Una vez realizada las labores de postcosecha, la semilla debe ser almacenada en un lugar seco, libre de humedad, con buena ventilación y libre de roedores. Los sacos no deben estar en contacto directo con el suelo o junto a paredes, ya que la semilla puede absorber humedad (Ruiz, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del Sitio Experimental

La presente investigación se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Saltillo Coahuila, en el Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas ubicado en el Departamento de Fitomejoramiento en el laboratorio de sanidad y producción de semillas en las coordenadas 25°21'18.1"N 101°02'00.4"W.

Material Genético

Se utilizaron diez variedades de trigos, las que fueron producidas en la zona norte centro del Estado de Coahuila, en las zonas agrícolas de Abasolo.

Cuadro 1. Variedades utilizadas.

Número	Variedad
1	Bacorehuis (Harinero)
2	Testigo Regional (Duro)
3	Don Goyo (Duro)
4	Rio Bravo (Duro)
5	Noreste (Harinero)
6	Testigo Regional (Harinero)
7	Conatrigo (Harinero)
8	Conasist (Duro)
9	Barabampo (Duro)
10	Hans (Harinero)

Procedencia del Material Genético

Las variedades fueron proporcionadas por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicadas en la Coordinación del Estado de Coahuila, específicamente por el Dr. David Sánchez Aspeytia. Dichas variedades son procedentes del proyecto “Evaluación de nuevas variedades y manejo intensivo de nitrógeno para incrementar la productividad del trigo”. Numero de proyecto SIGI: 12553236529.

En el Cuadro 2 se detalla la fertilización a base de Nitrógeno a través de la fórmula de Urea, aplicadas a las variedades de trigo.

Cuadro 2. Tratamientos de Fertilización Nitrogenada.

Tratamiento	Unidades de Nitrógeno aplicadas
1	00 – 60 – 00
2	120 – 60 – 00
3	180 – 60 – 00
4	240 – 60 – 00
5	300 – 60 – 00

Análisis físico

Peso volumétrico (PV).

Las variables de calidad física fueron peso volumétrico (PV), expresado en kg/hL¹, de acuerdo con Moreno (1996).

Esta variable se evaluó a partir de una muestra de 50 gramos de semilla; la cual se vertió en una probeta de 100 ml para determinar el peso sobre volumen

ocupado, el dato se obtuvo en cuatro repeticiones por genotipo. El peso volumétrico se calculó con la siguiente ecuación:

$$PV (Kg hL^{-1}) = \left(\frac{50 \text{ gr de semilla}}{\text{Volumen ocupado por los 50 gr (ml)}} \right) \times 100$$

Peso de mil semillas (PMS)

Para esta prueba, se realizó el conteo de 1000 semillas de los 10 genotipos con sus 5 variables de fertilización, se procedió a pesar cada una de las muestras en la balanza analítica, la cual representa su peso en 0.0001 gramos de precisión.

Análisis fisiológico

Prueba de germinación

La germinación de la semilla es una prueba de laboratorio, es la emergencia y desarrollo de la plántula hasta un estado donde el aspecto de sus estructuras esenciales indica si es capaz o no de desarrollar una planta normal bajo condiciones favorables, y es el índice de calidad más usado (ISTA, 2014).

El análisis se realizó sobre papel de germinación, trazando una línea horizontal a lo largo de la hoja y a partir de esta se marcaron líneas perpendiculares a cada 2 cm, de acuerdo con las reglas del ISTA (2014). En la línea del centro se puso una cinta adherente de doble cara, en la cual fueron colocadas 100 semillas con cuatro repeticiones. Posteriormente las hojas fueron cubiertas con otra hoja y humedecidas durante cinco minutos, en la parte inferior de cada "taco" se marcó con el nombre de la variedad y la repetición, para su posterior identificación.

Los tacos fueron acomodados en bolsas de polietileno, los cuales fueron colocados en una cámara de germinación a una temperatura de $25^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$.

Longitud Media de Plúmula (LMP)

La longitud de una plúmula después de un periodo específico, es el producto del tiempo que toma en germinar, es decir, el crecimiento inicial y la subsecuente tasa de crecimiento, y es medida más adecuadamente que una tasa o velocidad.

Cuando las plántulas muestran todas sus estructuras esenciales y un desarrollo balanceado, son consideradas plántulas normales, las cuales son reportadas como la capacidad de germinación.

Este método es aplicable a las plántulas que presentan una plúmula recta como en los cereales. La siembra de la semilla debe quedar hacia el lado del papel y con la plúmula apuntando hacia arriba, en ángulos rectos con relación a las líneas horizontales trazadas en el papel.

Al finalizar cada prueba se contaron las plúmulas de las plántulas normales que se encontraban en cada par de líneas paralelas, las cuales tienen valores de dos, cuatro, seis, ocho, diez, doce y trece cm.

El número de plúmulas que quedaron entre cada línea se multiplicó por la correspondiente distancia y se suma, dividiendo la longitud total entre el número de semillas, es decir 100 (ISTA, 2014) de acuerdo con la fórmula siguiente:

$$L = (n \times 2) + (n \times 4) \dots (n \times >12) / 100$$

Donde:

L= Longitud media de plúmula en cm.

N= Numero de plúmulas entre dos paralelas.

x= Distancia del punto medio de paralela a línea central.

Las plántulas clasificadas como anormales se excluyen del conteo.

Peso seco (PS)

Se evaluaron todas las plántulas de cada "taco" o repetición de cada genotipo de la longitud media de plúmula, eliminando resto de cariósipide y colocando las plúmulas de cada repetición en una bolsa de papel estraza, luego fueron llevadas a la estufa de secado Marca SHEL LAB ®, a una temperatura de 65°C durante 24 horas, al término de tiempo, se enfriaron y pesaron en una balanza marca Rhino ® de 0.0 gr, se registraron los datos.

Micobiota en Semillas

Se realizaron en un medio de cultivo en Malta Sal Agar (MSA). El análisis con medio de cultivo Malta Sal Agar (MSA) es usado comúnmente para observar presencia de hongos de almacén.

Para la preparación de un litro de medio, se requiere de 20 gramos de Extracto de Malta, 20 gramos de Agar Bacteriológico y 60 gramos de Cloruro de Sodio (NaCl), para las cajas de Petri que se utilizaron se requirió de tres litros de medio de cultivo de Malta Sal Agar (MSA), para lo cual se agregó a tres litros de agua

destilada, 60 gramos de Malta, 60 gramos de Agar y 180 gramos de Cloruro de Sodio (NaCl).

- Se mezcló en un matraz Erlenmeyer con agua destilada.
- Se le colocó un tapón de algodón, seguido de una envoltura de papel estraza.
- Se introdujeron los matraces en una autoclave, a una presión de 18 libras/pulgada² y 120°C por 15 minutos.
- Se vació el medio en cajas Petri estériles, dentro de una cámara de flujo laminar.

Siembra de Semillas en el Medio Malta Sal Agar (MSA)

La siembra se llevó a cabo seleccionando 40 semillas, se realizaron 4 repeticiones de 10 semillas, se desinfectaron las semillas con Hipoclorito de Sodio al 2% durante un minuto, posteriormente se sembraron en el cultivo, ya en las cajas de Petri y se incubaron a 27°C por 7 días.

Sanidad en Medio Malta Sal Agar (MSA)

Se realizó un conteo a los 7 días de haber realizado la siembra sobre el Medio Malta Sal Agar y se evaluó el número de semillas, las cuales presentaban crecimiento micelial diferenciándose por la coloración de ellas.

Variables evaluadas

Plántulas Normales (PN)

Se llevó acabo 7 días después de la siembra, tomando en cuenta todas aquellas semillas que fueron capaces de germinar y producir plántula normal.

Plántulas Anormales (PAN)

Se tomaron en cuenta todas aquellas semillas que fueron capaces de germinar, pero produjeron una plántula con crecimientos irregulares.

Semillas muertas (SM)

Se realizó un conteo de todas aquellas semillas que no fueron capaces de germinar.

Longitud media de plúmula (LMP)

Se realizó un conteo por cada repetición, de todas las plántulas normales, las cuales pasaron por la fórmula de acuerdo con la fórmula del ISTA (2014) y se determinó la longitud media por variedad.

Peso Seco (PS)

Se pesaron todas las plántulas de cada repetición después de haber pasado por un proceso de secado.

Sanidad en Medio de Cultivo MSA

Se realizó un conteo a los siete días de hacer la siembra sobre el medio de cultivo MSA y se evaluó el número de semillas que presentaban crecimiento micelial diferenciándose por la coloración de ellas.

Análisis Estadístico

Una vez obtenidos los datos se realizó el análisis estadístico (ANVA) en el paquete estadístico R versión 3.2.5, en el cual se llevaron a cabo los distintos análisis de varianza de los valores obtenidos en las pruebas.

Posteriormente y en base a los resultados del análisis de varianza, se realizó una comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($\alpha=0.05$). En dicho trabajo se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con igual número de repeticiones.

Modelo estadístico

El modelo estadístico para un diseño completamente al azar con arreglo factorial de dos factores con igual número de repeticiones es el siguiente:

$$Y_{ij}: \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : Denota la j-ésimo medición de la variedad i-ésimo

μ : Es la media general

T_i : Es el efecto del i-ésimo variedad

ϵ_{ij} : Es el error experimental en la j-ésimo medición del i-ésimo variedad.

RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 3, se observa la suma de cuadrados medios para el análisis de varianza para evaluar la calidad física, fisiológica y sanitaria de la semilla de trigo harinero y cristalino, indican que la fuente de variación de tratamientos mostro diferencias altamente significativas (**) sobre las variables de Peso de Mil Semillas (PMS), Peso Volumétrico (PV), Plántulas Normales (P NOR), Plántulas Anormales (P ANOR) y Longitud Media de Plúmula (LMP). Así mismo mostro que no se encuentra significancia (NS) en las variables de semilla germinada (S GER), peso seco (PES) y la incidencia de hongos (INS). Para el caso de variedades podemos observar que las variables en estudio presentaron efectos altamente significativos (**), por dicha razón se llevó a cabo la interacción de tratamiento*variedades, donde se observó el mismo comportamiento en cuanto a los niveles de significancia.

Cuadro 3. Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para las variables evaluadas para las variedades de semilla de trigo.

F.V	PMS	PV	S GER	P NOR	P ANOR	LMP	PES	INS
Tratamiento	92.49**	33333**	11.82 ^{NS}	77.0**	98.09**	0.995**	74550 ^{NS}	522 ^{NS}
Variedades	131.06**	18562**	62.91**	340.7**	266.91**	8.720**	206828**	4174**
Trat * Var	20.51**	21907**	15.35*	95.6**	75.04**	1.112**	69856**	1220**
Residual	0.00	1641	8.78	19.30	9.40	0.20	37783	409

**Nivel de significancia ($\alpha=0.01$) * Nivel de significancia ($\alpha=0.05$) ^{NS} No significativo. F.V: (Fuentes de variación), PMS (Peso de Mil Semillas), PV (Peso Volumétrico), S GER (Semilla Germinada), P NOR (Plántulas Normales), P ANOR (Plántula Anormales), LMP (Longitud Media de Plúmula), PES (Peso seco de plántulas) e INS (Incidencia de Hongos).

En la comparación de medias del factor tratamientos de fertilización se observa para la variable de Peso de Mil Semillas que el mejor resultado se obtuvo para el tratamiento de fertilización de 00-60-00 N con un valor de 39.92 gramos, superando en 8.6% al tratamiento de 300-60-00 N que presentó el valor más bajo con 35.90 gramos. En el caso de la variable de Peso Volumétrico, la mejor respuesta se obtuvo con la fertilización de 180-60-00 N, con valor de 961.75 kg/hL, superando en 7.77% a la fertilización a base de 180-60-00 que presentó el valor más bajo con 886.93 kg/hL. En el caso de la variable Plántula Anormal, el valor más alto lo obtuvo con la fertilización de 180-60-00 N con un valor de 5.97%, superando en un 66.16% a la fertilización 120-60-00 quién presentó el valor más bajo 2.02%. En el caso de las variables Semillas Germinadas, Plántulas Normales, Longitud Media de Plúmula, Peso Seco e Incidencia de Hongos solo presentan un grupo, ya que fueron estadísticamente iguales.

Cuadro 4. Comparación de Medias de las variables evaluadas en el laboratorio sobre el efecto de la dosis de fertilización Nitrogenada.

TRAT	PMS	PV	S GER	P NOR	P ANOR	LMP	PES	INS
1	39.32 a	896.48 b	96.40 a	93.85 a	2.55 ab	4.53 a	825.0 a	53.25 a
2	38.37 a	917.90 ab	97.40 a	95.35 a	2.02 b	4.63 a	822.5 a	53.25 a
3	37.99 a	961.75 a	97.72 a	91.75 a	5.97 a	4.21 a	785.0 a	59.25 a
4	35.95 b	886.93 b	97.67 a	94.85 a	2.82 ab	4.49 a	770.0 a	58.75 a
5	35.90 b	912.19 b	97.52 a	93.62 a	3.90 ab	4.46 a	720.0 a	61.0 a

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. TRAT (Tratamiento), 1 (00-60-00), 2 (120-60-00), 3 (180-60-00), 4 (240-60-00), 5 (300-60-00), PMS (Peso de Mil Semillas), PV (Peso Volumétrico), S GER (Semilla Germinada), P NOR (Plántulas Normales), P ANOR (Plántula Anormales), LMP (Longitud Media de Plúmula), PES (Peso seco de plántulas) e INS (Incidencia de Hongos).

En la comparación de medias del factor variedades se observa para la variable Peso de Mil Semillas que el mejor resultado se obtuvo con la variedad Conatrigo (trigo harinero) con valor de 41.61 gramos, superando en 20.74% a la variedad Barabampo (trigo duro) que presentó el valor más bajo de 32.98 gramos. En el caso de la variable Peso Volumétrico se observó que el mejor resultado se obtuvo en la variedad Noreste (trigo harinero), con valor de 978.58 kg/hL, superando en un 11.73% a la variedad Don Goyo (trigo duro), la cual obtuvo el valor más bajo de 875.79 kg/hL. Para Semillas Germinadas se observó que el mejor resultado se obtuvo con la variedad Testigo Regional (trigo harinero) con valor de 99.00%, superando en un 5% a la variedad Conasist (trigo duro), la cual obtuvo el valor más bajo con 94.05%. En la variable Plántula Normal se observó que el mejor resultado lo obtuvo el Testigo Regional Harinero con un valor de 97.85%, superando en un 13.59% a la variedad Bacorehuis (trigo harinero), la cual obtuvo el valor más bajo de 84.55%. En Plántula Anormal se observó que el resultado más alto lo obtuvo la variedad Bacorehuis con un valor de 13.35%, superando en un 94.75% a la variedad Hans (trigo harinero), la cual obtuvo el valor más bajo con 0.70%. Para la variable Longitud Media de Plúmula se observó que el mejor resultado lo obtuvo la variedad Noreste con un valor de 5.22 cm, superando en un 41.18% a la variedad Bacorehuis, la cual tuvo el valor más bajo de 3.07 cm. Para Peso Seco, la variedad en la cual se observó que tuvo el mejor resultado fue Hans con un valor de 960 mg, superando en un 34.37% a la variedad Don Goyo (trigo duro), la cual obtuvo el valor más bajo con 630 mg. Para la variable Incidencia de Hongos, la variedad en la cual se observó que tuvo un mejor

resultado fue el Testigo Regional Harinero con un valor de 73.5%, superando en un 62.58% a la variedad Barabampo, la cual obtuvo el valor más bajo con 27.5%.

Cuadro 5. Comparación de Medias de las variables evaluadas en el laboratorio en las diferentes variedades.

VAR	PMS	PV	S GER	P NOR	P ANOR	LPM	PES	INS
Bacorehuis	36.87 def	923.46 ab	97.90 a	84.55 c	13.35 a	3.07 e	725 bcd	62.5 abc
Testigo RD	36.01 ef	900.35 ab	98.15 a	94.45 ab	3.70 b	4.55 bc	750 abcd	64.5 abc
Don Goyo	39.76 ab	875.79 b	98.15 a	94.45 ab	3.70 b	3.78 d	630 d	65.5 ab
Rio Bravo	39.47 abc	894.86 b	96.80 ab	93.70 ab	3.10 b	4.26 cd	800 abcd	41.0 cd
Noreste	34.77 fg	978.58 a	97.90 a	96.30 ab	1.60 b	5.22 a	740 bcd	63.0 abc
Testigo RH	37.21 cdef	912.13 ab	99.00 a	97.85 a	1.15 b	5.15 ab	905 ab	73.5 a
Conatrigo	41.61 a	912.13 ab	98.80 a	97.60 a	1.20 b	4.44 c	850 abc	45.0 bcd
Conasist	37.33 bcde	884.10 b	94.05 b	90.70 b	3.30 b	4.43 c	810 abcd	68.5 ab
Barabampo	32.98 g	947.70 ab	94.30 b	91.55 b	2.75 b	4.62 abc	675 cd	27.5 d
Hans	39.07 bcd	921.39 ab	98.40 a	97.70 a	0.70 b	5.10 ab	960 a	60.0 abc

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. VAR (Variedades), PMS (Peso de Mil Semillas), PV (Peso Volumétrico), S GER (Semilla Germinada), P NOR (Plántulas Normales), P ANOR (Plántula Anormales), LPM (Longitud Media de Plúmula), PES (Peso seco de plántulas) e INS (Incidencia de Hongos).

De acuerdo con los resultados obtenidos en la comparación de medias de las variables estudiadas de Peso de Mil Semillas y Peso Volumétrico en tratamientos*variedades se encontraron los siguientes resultados:

Características físicas

De los datos obtenidos se observó que la variedad Don Goyo con la fertilización a base de 00-60-00 N se tuvieron los mejores resultados en la variable de Peso de mil Semillas con un valor de 45.33 gramos, lo cual nos indica que las dosis de

fertilización muy altas no son necesarias para obtener buenos resultados y seguir manteniendo la calidad de las semillas. Para Peso Volumétrico los mejores resultados se obtuvieron en la variedad Noreste y la fertilización de 180-60-00 N, con un valor de 1295.25 kg/hL, para este caso si influyo la dosis de fertilización, sin embargo, no es necesaria una dosis de fertilización muy alta para obtener buenos resultados y seguir manteniendo la calidad física de las semillas. Este resultado es similar a los reportado por Lostean *et al*, quienes afirman que tanto el peso de granos y el peso hectolítrico mejoran con la fertilización nitrogenada, debido principalmente al aumento del contenido de proteína en el grano.

Cuadro 6. Comparación de Medias de las variables evaluadas en variedades*tratamiento.

VAR	PMS					PV				
	TRATAMIENTO					TRATAMIENTO				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Bacorehuis	36.66	37.02	38.24	37.33	35.12	918.33	914.66	926.00	923.66	934.66
	A	z	s	y	l	bc	bc	bc	bc	bc
Testigo RD	36.51	37.59	34.45	37.67	33.86	936.66	825.66	922.66	925.66	891.08
	B	w	M	u	O	bc	cde	bc	bc	bcd
Don Goyo	45.33	39.05	39.87	35.65	38.91	112.85	924.33	905.67	910.33	886.33
	a	q	n	G	r	i	bc	bc	bc	bcd
Rio Bravo	44.21	39.26	41.52	34.75	37.63	904.33	917.99	898.66	879.00	874.33
	b	o	h	K	v	bc	bc	bc	bcd	bcd
Noreste	33.73	33.85	36.43	34.02	35.85	899.33	883.33	1295.25	901.66	913.33
	Q	P	E	N	F	bc	bcd	a	bc	bc
Testigo RH	36.46	42.83	36.48	37.44	32.84	964.00	936.33	931.00	778	950.99
	D	d	C	x	U	b	bc	bc		b
Conatrigo	43.32	41.73	41.80	40.67	40.56	964.00	936.33	931.00	146.70	950.99
	c	g	f	j	k	b	bc	bc	ab	b
Consist	42.32	38.91	37.79	35.45	35.18	112.85	948.00	905.67	905.66	908.83
	e	r	t	V	H	i	b	bc	bc	bc
Barabampo	33.50	33.51	33.02	34.85	30.02	941.85	976.66	984.00	949.66	886.33
	S	R	T	J	W	bc	b	b	b	bcd
Hans	41.18	39.98	40.36	34.74	39.09	931.66	915.66	917.66	917.00	924.99
	i	m	l	L	p	bc	bc	bc	bc	bc

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. VAR (Variedades), PMS (Peso de Mil Semillas), PV (Peso Volumétrico), Tratamiento 1 (00-60-00), 2 (120-60-00), 3 (180-60-00), 4 (240-60-00), 5 (300-60-00).

Características fisiológicas

De acuerdo con los resultados obtenidos en la comparación de medias de las variables estudiadas en variedades*tratamiento se encontraron los siguientes resultados:

Para el caso de la variable de Semilla Germinada se obtuvo la mejor respuesta en la variedad Don Goyo con la fertilización de 180-60-00, con un valor de 99.75%, siendo la variedad Barabampo con una fertilización a base de 00-60-00, los cuales obtuvieron el valor más bajo con 90.25%. En estudios similares se reporta la mayor germinación, vigor de semilla y longitud de plúmula en las dosis de 240 y 300 unidades de nitrógeno, seguidos en importancia por la dosis de 180 unidades de nitrógeno, resultados reportados por Wen *et al.*, (2018).

Cuadro 7. Comparación de medias de la variable evaluada S GER en variedades*tratamiento.

Variedad	S GER				
	Tratamiento				
	1	2	3	4	5
Bacorehuis	96.50 abcd	97.00 abcd	98.50 abcd	99.25 ab	98.25 abcd
Testigo RD	98.00 abcd	97.75 abcd	99.25 ab	97.25 abcd	98.50 abcd
Don Goyo	98.00 abcd	97.75 abcd	99.75 a	98.25 abcd	97.00 abcd
Rio Bravo	90.75 bcd	98.50 abcd	99.50 a	95.75 abcd	99.50 a
Noreste	98.50 abcd	96.50 abcd	99.00 abc	97.25 abcd	98.25 ab
Testigo RH	99.00 abc	99.25 ab	98.25 abcd	99.25 ab	99.25 ab
Conatrigo	99.00 abc	98.50 abcd	99.25 ab	98.00 abcd	99.25 ab
Conasist	95.00 abcd	95.00 abcd	93.75 abcd	96.00 abcd	90.50 cd
Barabampo	90.25 d	96.25 abcd	90.50 cd	96.50 abcd	98.00 abcd
Hans	99.00 abc	97.50 abcd	99.50 a	99.25 ab	96.75 abcd

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. S GER (Semilla Germinada), Tratamiento 1 (00-60-00), 2 (120-60-00), 3 (180-60-00), 4 (240-60-00), 5 (300-60-00).

Para Plántula Normal se encontraron los mejores resultados en la variedad Noreste con una fertilización a base de 180-60-00 con un valor de 99.00%, siendo la variedad Bacorehuis con la fertilización de 00-60-00, los que obtuvieron el valor más bajo con 64.25%.

Cuadro 8. Comparación de medias de la variable evaluada P NOR en variedades*tratamiento.

Variedad	P NOR				
	Tratamiento				
	1	2	3	4	5
Bacorehuis	94.00 abc	90.00 abc	64.25 d	92.50 abc	82.00 c
Testigo RD	96.00 ab	96.00 ab	89.75 abc	92.50 abc	98.00 a
Don Goyo	95.75 ab	95.75 ab	96.75 ab	95.50 ab	88.50 abc
Rio Bravo	86.75 abc	97.25 a	95.75 ab	91.75 abc	97.00 ab
Noreste	97.25 a	94.25 abc	99.00 a	95.00 ab	96.00 ab
Testigo RH	98.25 a	98.75 a	97.50 a	98.25 a	96.50 ab
Conatrigo	98.25 a	96.00 ab	98.00 a	97.50 a	98.25 a
Conasist	89.00 abc	92.50 abc	91.50 abc	92.50 abc	88.00 abc
Barabampo	84.50 bc	96.25 ab	86.50 abc	94.75 ab	95.75 ab
Hans	98.75 a	96.75 ab	98.50 a	98.25 a	96.25 ab

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. Tratamiento 1 (00-60-00), 2 (120-60-00), 3 (180-60-00), 4 (240-60-00), 5 (300-60-00), P NOR (Plántula Normal).

Para la variable de Plántula Anormal se encontraron los resultados más elevados en la variedad Bacorehuis trigo Harinero y la fertilización de 180-60-00 con un valor de 34.25 cm, teniendo los valores más bajos en la variedad Noreste trigo con una fertilización de 180-60-00 con un valor de 0.00 cm.

Cuadro 9. Comparación de medias de la variable evaluada P ANOR en variedades*tratamiento.

Variedad	P ANOR				
	Tratamiento				
	1	2	3	4	5
Bacorehuis	2.50 cd	7.00cd	34.25 a	6.75 cd	16.25 b
Testigo RD	2.00 cd	1.75 cd	9.50 bc	4.75 cd	0.50 d
Don Goyo	2.25 cd	2.00 cd	3.00 cd	2.75 cd	8.50 bcd
Rio Bravo	4.00 cd	1.25 cd	3.75 cd	4.00 cd	2.50 cd
Noreste	1.25 cd	2.25 cd	0.00 d	2.25 cd	2.25 cd
Testigo RH	0.75 cd	0.50 d	0.75 cd	1.00 cd	2.75 cd
Conatrigo	0.75 cd	2.50 cd	1.25 cd	0.50 d	1.00 cd
Conasist	6.00cd	2.25 cd	2.25 cd	3.50 cd	2.50 cd
Barabampo	5.75 cd	0.00 d	4.00 cd	1.75 cd	2.25 cd
Hans	0.25 d	0.75 cd	1.00 cd	1.00 cd	0.50 d

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. Tratamiento 1 (00-60-00), 2 (120-60-00), 3 (180-60-00), 4 (240-60-00), 5 (300-60-00), P ANOR (Plántula Anormal).

Para la Longitud Media de Plúmula se encontraron los mejores resultados en la variedad Noreste con una fertilización de 180-60-00 N, teniendo un valor de 5.87 cm, los valores más bajos fueron observados en la variedad Bacorehuis con una fertilización de 180-60-00, lo cual coincide con Villalba *et al.*, (2023) donde indica que entre las dosis de Nitrógeno, la dispersión mostró los mayores rendimientos, vigor de plántula y longitud de plúmula; cuando las dosis de Nitrógeno disminuyeron, los valores de estas variables también lo hicieron.

Cuadro 10. Comparación de medias de la variable evaluada LMP en variedades*tratamiento.

Variedad	LMP				
	Tratamiento				
	1	2	3	4	5
Bacorehuis	4.27 bcdefghi	3.86 efghi	1.49 k	3.56 ghi	2.20 jk
Testigo RD	5.44 ab	4.50 bcdefghi	3.65 fghi	4.38 bcdefghi	4.76 abcdefg
Don Goyo	4.17 bcdefghi	4.18 bcdefghi	3.46 hij	3.52 ghi	3.57 ghi
Rio Bravo	3.35 ij	4.78 abcdefg	4.25 bcdefghi	4.61 abcdefghi	4.32 bcdefghi
Noreste	5.44 ab	5.01 abcd	5.87 a	4.71 abcdefgh	5.08 abcde
Testigo RH	5.09 abcde	5.32 abcd	5.02 abcd	5.27 abcd	5.06 abcde
Conatrigo	4.31 bcdefghi	4.09 cdefghi	4.43 bcdefghi	4.50 bcdefghi	4.88 abcdef
Conasist	4.06 defghi	4.38 bcdefghi	4.36 bcdefghi	4.79 abcdefg	4.55 bcdefghi
Barabampo	4.19 bcdefghi	5.05 abcd	4.46 bcdefghi	4.63 abcdefghi	4.77 abcdefg
Hans	4.95 abcde f	5.15 abcde	5.08 abcde	4.95 abcdef	5.37 abc

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. Tratamiento 1 (00-60-00), 2 (120-60-00), 3 (180-60-00), 4 (240-60-00), 5 (300-60-00), LMP (Longitud Media de Plúmula).

Cuadro 11. Comparación de medias de la variable evaluada PES en variedades*tratamiento

Variedad	PES				
	Tratamiento				
	1	2	3	4	5
Bacorehuis	775 abc	900 abc	600 abc	750 abc	600 abc
Testigo RD	900 abc	650 abc	650 abc	800 abc	750 abc
Don Goyo	775 abc	800 abc	600 abc	475 c	500 bc
Rio Bravo	600 abc	900 abc	900 abc	950 abc	650 abc
Noreste	650 abc	800 abc	950 abc	550 abc	750 abc
Testigo RH	950 abc	975 abc	900 abc	1100 a	600 abc
Conatrigo	800 abc	750 abc	800 abc	950 abc	950 abc
Conasist	1050 ab	800 abc	800 abc	700 abc	700 abc
Barabampo	700 abc	700 abc	750 abc	575 abc	650 abc
Hans	1050 ab	950 abc	900 abc	850 abc	1050 ab

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. Tratamiento 1 (00-60-00), 2 (120-60-00), 3 (180-60-00), 4 (240-60-00), 5 (300-60-00), PES (Peso Seco).

En Peso Seco de Plántula se encontraron los resultados más elevados en la variedad Testigo Regional Harinero y con la fertilización 240-60-00 con un valor de 1100 kg/hL, teniendo los valores más bajos la variedad Don Goyo con un valor de 475 kg/hL.

Características sanitarias

De acuerdo con los resultados obtenidos en la comparación de medias de la variable Incidencia de Hongos observada en el laboratorio para interacción tratamientos*variedades se encontraron los siguientes resultados:

Para este caso encontramos que la variedad Conasist y la fertilización 240-60-00, se obtuvo la más alta incidencia de hongos con un valor de 95.0%, en comparación a la variedad Conasist con la fertilización 00-60-00 y la variedad Barabampo con la fertilización de 120-60-00, las cuales en los resultados observados no presentaron incidencia. Estos resultados indican que la fuente de Nitrógeno no es el único factor de manejo que afecta la comunidad de hongos. (Leplat *et al.*, 2013) sino también la dosis de Nitrógeno que se aplica en forma de urea. Por otra parte, la irregularidad en la incidencia a través de las dosis de N para el resto de las especies identificadas indicó que ésta depende de factores distintos a la cantidad de fertilizante que se aplica.

Cuadro 12. Comparación de medias de la variable evaluada INS HONGOS en variedades*tratamiento

Variedad	INS HONGOS				
	Tratamiento				
	1	2	3	4	5
Bacorehuis	62.5 abcde	65.0 abcde	62.5 abcde	57.5 abcdef	65.0 abcde
Testigo RD	62.5 abcde	65.0 abcde	65.0 abcde	65.0 abcde	65.0 abcde
Don Goyo	72.5 abcd	52.5 abcdef	60.0 abcde	80.0 abc	62.5 abcde
Rio Bravo	57.5 abcdef	45.0 abcdef	45.0 abcdef	17.5 def	40.0 abcdef
Noreste	75.0 abcd	62.5 abcde	65.0 abcde	60.0 abcde	52.5 abcdef
Testigo RH	87.5 ab	57.5 abcdef	67.5 abcde	75.0 abcd	80.0 abc
Conatrigo	40.0 abcdef	35.0 bcdef	27.5 cdef	57.5 abcdef	65.0 abcde
Conasist	0.0 f	80.0 abc	82.5 abc	95.0 a	85.0 abc
Barabampo	12.5 ef	0.0 f	42.5 abcdef	37.5 abcdef	45.0 abcdef
Hans	62.5 abcde	70.0 abcde	75.0 abcd	42.5 abcdef	50.0 abcdef

Medias con la misma letra no tienen diferencia significativa. Tratamiento 1 (00-60-00), 2 (120-60-00), 3 (180-60-00), 4 (240-60-00), 5 (300-60-00), INS (Incidencia Hongos).

CONCLUSIONES

Características físicas

En la variable evaluada de Peso de Mil Semillas se identificó el mayor peso en la variedad Don Goyo trigo Duro, con la de fertilización 00-60-00 lo cual nos indica que esta variable no está en función de la dosis de fertilización, sino que esta tuvo una expresión óptima en función de la variedad utilizada. Sin embargo, para el caso de Peso Volumétrico nos encontramos que la fertilización en una dosis más alta (180-60-00) se encontró la mejor respuesta, lo cual nos indica que una dosis de fertilización muy elevadas no son necesarias, lo cual nos ayuda a optimizar costos y seguir teniendo buena calidad en la semilla.

Características fisiológicas

En función de la expresión de las características evaluadas, se identificó que las variables evaluadas respondieron diferencialmente a las variedades, las cuales presentaron su mayor expresión en una dosis de fertilización nitrogenada de 180-60-00 lo que permite ubicar que estos atributos logran su expresión óptima de la calidad de la semilla sin necesidad de dosis muy elevadas.

Calidad sanitaria

La relación de la presencia de incidencia por hongos presentes en la semilla puede estar determinada no solamente por la dosis de fertilización sino también en expresión de la variedad utilizada, ya que en los resultados se observó la mayor incidencia en la variedad Conasist trigo Duro con una fertilización de 240-60-00, teniendo en esta misma variedad con una dosis de fertilización de 00-60-

00 en la cual no se reportó incidencia, así mismo la variedad Barabampo trigo Duro con una dosis de fertilización de 120-60-00 no reporto incidencia, las dosis elevadas de Nitrógeno presentan mayor incidencia.

RECOMENDACIONES

Las dosis de fertilización nitrogenada muy elevadas no son necesarias para mantener la calidad física, fisiológica y sanitaria de las semillas de trigo, por lo cual es recomendable adquirir semillas certificadas.

Es importante seguir con investigaciones para seguir obteniendo variedades resistentes y resilientes a los cambios climáticos.

Es esencial seguir con investigaciones para producir semilla de calidad, manteniendo y mejorando las variedades existentes.

Ante la problemática existente tan cambiante del clima y los costos de adquisición de los fertilizantes, se requiere de más investigación para seguir manteniendo la producción de semilla en nuestros campos, con variedades que representen buena producción sin necesidad de elevar los gastos.

LITERATURA CITADA

- Aguirre, G. (2017) Características morfológicas de los cereales. México. DF, México. Pp. 10.
- Arriagada V. 2000. Semillas: Inspección, Análisis, Tratamiento y Legislación. P. 27-36.
- Baloch M. S., I. T. H. Shah, M. A. Nadim, M. I. Khan and A. A. Khakwani (2010) Effect of seeding density and planting time on growth and yield attributes of wheat. *The Journal of Animal and Plant Sciences* 20:239-242.
- Bass, L. N. 1980. Seed viability during long-term storage. *Hort. Rev.* 2: 117-141.
- Bewley J. D., M. Black and P. Halmer. 2006. *The Encyclopedia of Seeds: Science, Technology and Uses*. CABI International Publishing. Wallingford, U. K. 828 p.
- Bishaw, Z., Niane, A. A., Gan, Y. 2007. Quality Seed Production. S.S. Yadav et al. (eds), In: *Lentil: An Ancient Crop for Modern Times*. Springer. Holanda pp 349-388.
- Brauer, A., Frank, A. B. and Black, A. L. 1985. Estimation of spring wheat dry matter assimilation from air temperature. *Agron. J.* 77: 743-752.
- Castañeda-Saucedo, M. C.; López-Castañeda, C.; Colinas, B. Ma. T.; De León, J. C.; Molina, M. y Hernández, L. A. 2009. Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Rev. Interciencia.* 34:4.
- CIMMYT. (2015). *Enfermedades y plagas del trigo*. México. DF México. Pp. 29.
- Conner, R. L. y Kuzyk, A. D. 1988. Eficacia de los fungicidas para controlar la roya madura, la roya de las hojas y el punto negro en el trigo blanco suave de primavera. *Can. J. Plant. Pathol.* 10: 321-326.
- Courbineau F. 2012. Markers of seed quality: from present to future. *Seed Science Research* 22: S61-S68.
- Curam, T. (2014). *Limitaciones ambientales de trigo duro*. Cataluña. España.
- Chávez A. Y Kohli M. 2013; Identificación de hongos presentes en la punta negra del trigo; *Investigación Agraria*; 2013; 15 (2). P. 133-137.

- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*. 31(1):74-85.
- Dornbos, D. L., Müller, R. E., Shibes, R. M. 1989. Drought stress effects during seed fill on soybean seed germination and vigor. *Crop Sci*. 29: 476-480.
- Dornbos, D. L. Jr. 1995. Seed vigour. In: seed quality; basic mechanisms and agricultural implications. Barra, A. S. (Ed.). Food Products Press. New York, USA. 45-80 p.
- Ellis, R. H. 1992. Seed and seedling vigour in relation to crop growth and yield. *Plant Growth Reg*. 11: 249-255.
- Fakhrunnisa HMH and Ghaffar A. 2006. Seed-borne mycoflora of wheat, sorghum and barley. *Pakistan Journal of Botany* 38:185-192.
- FAO y Africa Seeds. 2019. Materiales para capacitación en semillas- Módulo 3: Control de calidad y certificación de semillas. Roma, Italia.
- Fernández, S., J. 1985. Glosario de términos usados en semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cal. Colombia. P.11.
- Franca, N. J. B.; Krzyzanowski, F. C.; Henning, A. A.; West, S. H. and Miranda, L. C. 1993. Soybean seed quality as affected by shriveling due to heat and drought stresses during filling. *Seed Sci. Technol*. 21:107-116.
- Gan, Y., Stobbe, E. H., Moes, J. 1992. Relative date of wheat seedling emergence and its impact on grain yield. *Crop Sci*. 32: 1275-1281.
- García C., Palmero D., De Cara M., Cruz A., Y Gonzales M., 2012 Microbiota asociada a la enfermedad de la punta negra del trigo duro. Efectos del riego, el abonado nitrogenado y la variedad cultivada en la incidencia de la enfermedad; ITEA 2012. Vol. 108 (2). Pag. 1-4.
- Garofalo, A. (2016). Nueva Variedad de Trigo Harinero para la Sierra del Ecuador. Boletín técnico No. 333. Quito-Ecuador.
- Guerrero, A. 1999. Cultivos herbáceos extensivos. Madrid. Editorial. MundiPrensa.
- Ghassemi G. K., Soltani, A., Atashi, A. 1997. Effect of water limitation in the field on seed quality of maize and sorghum. *Seed Sci. Technol*. 25: 321-323.

- Grass, L. and Burris, J. S. 1995. Effect of heat during seed development and maturation on wheat (*Triticum durum*) seed quality. Seed germination and seedling vigor. *Can. J. Plant Sci.* pp: 821-829.
- Heatherly, L. G. 1993. Drought stress and irrigation effects on germination of harvested soybean seed. *Crop Sci.* 33:777-781.
- Huallpa, C. R. 2016. Comportamiento agronómico de 11 líneas de trigo harinero (*Triticum aestivum* L.) con la complementación de biol y riego por goteo en la estación experimental choquearúa, Viacha-La Paz. Tesis doctoral. La paz, Bolivia. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía. 156 pág.
- INIAP. (2015). Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador. Quito. Pp. 31.
- INIAP. (2016) Participación y género en la investigación agropecuaria. Estación Experimental Santa Catalina. Quito, Ecuador. Pp. 28.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2013. International Rules for Seed Testing. Published by The International Seed Testing Association. P. O. BOX 308, 8303. Bassersdorf, CH- Switzerland. 243 p.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2014. International rules of seed testing. *Seed science and technology.* 25 supplement. 355 p.
- Ivic, Domijan AM, Peraica M, Milicevic T and Cvjetkovic B. 2009. *Fusarium* spp., contamination of wheat, maize, soybean, and pea in Croatia. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology* 60:435-442.
- Jiang, J., Zhao, S., Kong, X., Li, Y., Zhao, G., He, W., Appels, R., Pfeifer, M., Tao, Y., Zhang, X. Jing, R. 2014. *Aegilops tauschii* draft genome sequence reveals a gene repertoire for wheat adaptation. *Nature.* 496(7443), pp. 91-95.
- Jose, Ávila M. J.A., Ávila S., F. J. Rivas S., D. Martínez H. 2023. El cultivo del trigo sistemas de producción en el noroeste de México. Universidad De Sonora División De Ciencias Biológicas Y De La Salud Departamento De Agricultura Y Ganadería.
- Leplat, J.; Friberg, H.; Abid, M. and Steinberg, C. 2013. Survival of *Fusarium graminearum*, the causal agent of *Fusarium* head blight. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 33:97-111.

- Large, D. (2015). Curso sobre mejoramiento para resistencia contra enfermedades y plagas. PREDUZA Quito-Ecuador. Pp. 212.
- Lersten, N. R. 1987. Wheat and wheat improvement. Heyne, E. G. Editor, Number 13 in the series: AGRONOMY. Madison Wisconsin, USA. 765 P.
- Loss, E. 2005. Symptoms of frost damage in cereals. Department of Agriculture and Food. Government of Western Australia.
- López, C. C., Richards, R. A. 1998. Variation in grain growth and remobilization of stem reserves among temperate cereals. Combined 42nd Annual ASBMB /38th Annual ASPP /20th Annual NZSPP Conferences. Adelaide, Australia. POS-273.
- Marcos-Filho, J. M. 2005. Fisiología de Sementes de Plantas Cultivadas. Fundacao de Estudios Agrários "Luiz de Queiroz". Piracicaba, Brasil. 495 p.
- Merah O., P. Monneveux. 2015. Contribution of Different Organs to Grain Filling in Durum Wheat Under Mediterranean Conditions I. Contribution of Post-Anthesis Photosynthesis and Remobilization. Jour. of Agronomy and Crop Sci. 201:344-352.
- Mellado, W. (2015). Informe anual de actividades. UVTT/C. B INIAP. Guaranda, Ecuador. Pp. 48.
- Moreno, M. E. 1993. Tratamiento químico de las semillas para el combate de los hongos. UNAM. Instituto de Biología. México., D.F. 68 p.
- Moreno. M. F. 1996. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Universidad Nacional Autónoma de México. P. 345.
- Moreno I., Plana R., Ramírez A., e Iglesias, L. 1997. Comportamientos fenológicos y agrícola de 10 variedades de trigo para el occidente de cuba. Cultivos Tropicales, vol. 18, no. 2, p. 16-18.
- Moreno, M. E. 1988. Manual para la identificación de hongos en granos y sus derivados. UNAM.México.
- Monar, C. (2016). Informe anual de actividades. UVTT/C.B. INIAP. Guaranda, Ecuador. Pp. 54.
- Monar, C. (2017). Informe anual la labores. INIAP-FEPP. Guaranda Ecuador. Pp. 27.
- Monar, C. 2002. Informe anual la labores. INIAP-FEPP. Guaranda

- Munamava, M. R., Goggi, A. S., Pollak, L. 2004. Seed quality of maize inbred lines with different composition and genetic backgrounds. *Crop Science*, 44(2), 542.
- McDonald, Jr. M. B. 1985. Physical seed quality of soybean. *Seed Sci. Technol.* 13:601-628.
- NOM-FF-036-1996. Productos alimenticios no industrializados. Cereales. Trigo. (*Triticum aestivum* L y *Triticum durum* DESF). Especificaciones y métodos de prueba.
- Omafra, Ontario Ministry of Rural Affairs. 2009. Diseases of Field Crops: Cereal Diseases. In: Brown, C. (ed). *Agronomy Guide for Field Crops*. Publication 811. OMAFRA. Ontario, Canada. 300p.
- Peng Junhua, D. Sun and E. Nevo. 2011. Wild Emmer Wheat, *Triticum dicoccoides*, Occupies a Pivotal Position in Wheat Domestication Process. *Australian Jour of Crop Sci.* 5(9):112771143.
- Ramírez, M. J. A. 2004. Evaluación de líneas elite de Trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo régimen restringido de humedad en la región de navidad, N. L. 2003. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 55 Pag.
- Raven, P. H., Evert, R. F., Eichhorn, S. E. 2005. *Biology of plants*. Macmillan.
- Remache, P. C. J. 2012. Caracterización morfoagronómica de 24 accesiones de trigo duro (*Triticum turgidum* L.) en la localidad de Laguacoto III, cantón Guaranda, provincia Bolívar. Tesis de Licenciatura. Guaranda, Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Escuela de Ingeniería Agronómica. 108 Pag.
- Robles Sánchez, R. 1979. *Producción de granos y forrajes*. Editorial Limusa, 2ª ed. México 592 p.
- Robles. R. 1990. *Producción de granos y forrajes*. 5ta ed. Limusa. México D.F.- México. Pag. 207-238.
- Rodríguez C., Iglesias C., Nieto M. Y Palmero D., 2009; La enfermedad de punta negra del trigo. *Agricultura Revista Agropecuaria* 2009. 915. P. 118-121.
- Ruiz, T. (2016). *La variabilidad genética para la dureza en los trigos duros*. Tercera reimpresión. Corvallis. Barcelona, España. Pp. 68.

SAGARPA, 2017., Planeación Agrícola Nacional 2017-2030, Primera edición 2017.

Sánchez-Bragado R., A. Elazab, B. Zhou, M.D. Serret, J. Bort, M.T. Nieto-Taladriz and J. L. Araus. 2014. Contribution of ear and Flag Leaf to Grain Filling in Durum Inferred from The Carbon Isotope Signature: Genotypic and Growth Conditions Effects. *Jour of Integrative Plant Biology*, 56(5):444-454.

Sandoval, I. E. 2001. La revista internacional de semillas. Número 6. Año V. P. 9-10-11. 2001.

Salazar Torres, J. C., Álvarez Hernández. R. 2008. "Manual de Practicas" Academia de cultivos básicos, UACH.

Salas N. D. 2016. Características generales de Trigo Blando y Trigo Duro y para que se utiliza. Monografía. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 47 Pag.

Serna-Saldívar. 2009. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. D.F. México. AGT. Editor.

SIAP. 2022. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Anuario estadístico de la producción agrícola. Servicio de información agroalimentaria y pesquera, agricultura. Ciudad de México, México.

<https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola>.

Solís M. E., M. Hernández M., A. Borodanenko, J. L. Aguilar A. y O. A. Grajeda C. (2004) Duración de la etapa reproductiva y el rendimiento de trigo. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:323-332.

Sharififar, A., Nazari, M., & Asghari, H. R. 2015. Effect of ultrasonic waves on seed germination of *Atriplex lentiformis*, *Cuminum cyminum*, and *Zygophyllum eurypterum*. *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 2(3), 102-104.

Stenglein, S.A. 2009. *Fusarium poae*; A pathogen that needs more attention. *Journal of plant pathology*. 91. 25-36.

Terenti, O. A. 1996. <http://www.inta.gov.ar/sanluis/contactos/cv/terenti.htm>.

Tillmann, M.A.A., V. D. C. de Mello e G. R. M. Rota. 2003. Análise de sementes. In: *Sementes: Fundamentos Científicos e Tecnológicos*. T. S. Peske., M. D.

Rosenthal e G. R. M. Rota Editora Rua. Pelotas, Rio Grande do Sul Brasil.
pp: 138-223.

Thakur, P. S., Kumar, J.A. Malik, J. D. Berger, and Nayyar, H. 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: An overview. *Environmental and Experimental Botany*. 67: 429-443.

The Global Food and Security Programme. 2015. Extreme weather and resilience of the global food system. Final Project Report from the UK-US Taskforce on Extreme Weather and Global Food System Resilience. UK.

USDA Mexico: Grain and Feed Update. September 27, 2023.

USDA Wheat Outlook: January 13, 2024.

Urdiano. B. P. 2002. Evaluación de rendimiento y sus componentes de Trigo Harinero (*Triticum aestivum* L.) de líneas elite, Zaragoza Coahuila. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 61. Pag.

Valadez, R. 1991. La calidad de la semilla de Maíz bajo condiciones de manejo en distintas etapas del periodo de llenado de grano. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Edo. de México 74 p.

Valenzuela. S. A. 2011. Efectos de la dosis de nitrógeno, época de siembra y riegos sobre las características agronómicas y fisicoquímicas de Trigo (*Triticum aestivum* L.) variedad Kronstadt, en el Sur de Sonora. Tesis de Maestría en Ciencias. Hermosillo, Sonora. Universidad de Sonora. 71 pág.

Vega, F. (2016) Tesis Ingeniero Agrónomo UEB. Caracterización morfo agronómica de 49 accesiones de trigo duro en la localidad de de Laguacoto II, Provincia Bolívar. Pp. 80.

Villalba A. R., M. Ayala M., D. Amarilla M., E. Peralta P. y E. Maidana C. (2023) Interacción del vigor de la semilla y dosis de nitrógeno en cobertura en el rendimiento del trigo. *Revista de la Sociedad Científica de Paraguay* 28:280-298.

Villaseñor Mir, H. E. y Espitia Rangel E. 2000. El Trigo de temporal en Mexico. Libro Técnico N° 1, INIFAP CIR - CENTRO.

Villaseñor Mir, H. E., Hortelano, S. R., Rodríguez, G. M. F., Martínez, C. E. y Fernández, S. R. 2012. Variedades de trigo recomendadas para siembras

de temporal en el estado de Tlaxcala. Folleto técnico No. 50. INIFAP, CIRCE. Sitio Experimental Tlaxcala. 34 p.

Wen D, H. Xu, L. Xie, M. He, H. Hou, C. Wu, ... and C. Zhang (2018) Effects of nitrogen level during seed production on wheat seed vigor and seedling establishment at the transcriptome level. *International Journal of Molecular Science* 19:3417, <https://doi.org/10.3390/ijms19113417>

Wilson Hugo, M. G., (2000). Tecnología de almacenamiento de granos de trigo. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA ed. Hemisferio Sur S.R.L. Montevideo - Uruguay

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

Zúñiga, J., Leazun, J., Esparza, M., Y Garnica, I. Enfermedades transmitidas por semilla en trigos y cebada. *Navarra Agraria*. P. 29-32.