

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comparación en Rendimiento y Calidad Físico-Fisiológica de Semillas de Cereales
Forrajeros de Grano Pequeño

Por:

YESSENIA SAMPAYO HERNÁNDEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comparación en Rendimiento y Calidad Físico-Fisiológica de Semillas de Cereales
Forrajeros de Grano Pequeño

Por:

YESSENIA SAMPAYO HERNÁNDEZ

TESIS

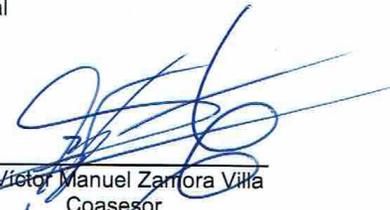
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN

Aprobada por el Comité de Asesoría:


M.C. Modesto Colín Rico
Asesor Principal


M.P. María Alejandra Torres Tapia
Coasesor


Dr. Víctor Manuel Zarrora Villa
Coasesor


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

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2020



DEDICATORIAS

A mis padres **Andrés Sampayo Montiel y María Margarita Hernández Hernández**. Les agradezco por todo el amor que me han dado y lo mucho que me han apoyado siempre para poder lograr mis metas, por la confianza que han depositado en mí, le agradezco a la vida por haberme dado a los mejores padres del mundo los quiero con todo mi corazón y ellos son el motivo por el cual día a día quiero ser mejor persona y salir adelante gracias.

A mis hermanos **Elvia Sampayo Hernández y Fernando Sampayo Hernández**. Les agradezco a mis hermanos por estar siempre conmigo y apoyarme en todo momento, les doy gracias por la confianza y el cariño que siempre me han tenido gracias por ser los mejores hermanos que pude haber tenido.

A mis sobrinos **David Yael Federico Sampayo, Ángel Jovani Lozada Sampayo, Ella Fernanda Sampayo Pérez, Evan Damián Sampayo Pérez**. Con mucho cariño y amor para ellos para que tomen como ejemplo el logro hoy alcanzado y que de esta manera animarlos a que se preparen en la vida y que realicen sus sueños los quiero mucho.

A mi novio **Rafael Martínez Vaca**. Le agradezco por su comprensión, cariño, amor y sobre todo por su apoyo incondicional por estar conmigo en todo momento y siempre apoyándome en todas las decisiones que he tomado, por ser uno de los principales motivos de inspiración para lograr el sueño de concluir con esta etapa; es una persona muy importante en mi vida que con palabras de ánimo me conforto en los momentos más difíciles a lo largo de la carrera.

A mis primos **Juana Sampayo Hernández, María de los Ángeles Sampayo Hernández**. Gracias por la amistad y el apoyo que siempre me han brindado, les agradezco también por el cariño que siempre me han dado.

A mis cuñados **Miguel Ángel Lozada González, Melisa Pérez Leyva, Martin Martínez Vaca, Juan Carlos Martínez Vaca**. Les agradezco por todo su apoyo durante esta etapa de mi vida, por su amistad que me han brindado durante el trayecto para lograr la meta alcanzada y por darme ánimos en los momentos difíciles a lo largo de la carrera.

A mis amigos **Martin, Alondra, Juanita, Itzayana, Melisa, Carlos, Nancy, Elvia, Maricruz**. Gracias por la amistad que me han brindado, por compartir alegrías, tristezas y tantos momentos juntos a lo largo de la carrera.

Doy gracias a Dios por tantas bendiciones y haberme permitido terminar bien esta etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la **M.P Alejandra Torres Tapia** .Por su valiosa asesoría y facilidades presentadas para la realización de esta investigación, por su confianza y apoyo depositado en mí, así como su valiosa ayuda que me brindó durante la elaboración y revisión del presente trabajo.

Al **M.C Modesto Colin Rico**. Por haberme permitido desarrollar este trabajo de investigación, por el apoyo que me brindo para realizarlo y por dedicar un poco de su tiempo para la revisión.

Al **DR. Víctor Manuel Zamora Villa**. Por la gran ayuda que me brindo en el área de estadística, por brindarme su apoyo para poder realizar este trabajo y por el tiempo que dedicó en la revisión.

A mis compañeros de generación por compartir experiencias únicas a lo largo de estos años, a mi amiga Alondra por serlo desde siempre, a Juanita por ser una de mis primeras amigas cuando llegue a Saltillo y por aun seguir conservando su amistad.

A mi **“ALMA MATER”**. Por haberme abierto sus puertas y darme la oportunidad de realizarme como profesionista

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIAS	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE GENERAL.....	V
ÍNDICE DE CUADROS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
RESUMEN	IX
I. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General.....	4
Objetivos Específicos.....	4
Hipótesis	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
Cereales Forrajeros	5
Sistemas de Producción Mundial de Cereales Forrajeros	5
Sistema de Producción Nacional de Cereales Forrajeros.....	6
Comercialización y Abastecimiento de Variedades	6
Rendimiento de semilla y forraje.....	7
Calidad de Semilla	8
Efecto del ambiente en la calidad de semillas de cereales.....	10
III MATERIALES Y MÉTODOS	12
Localización del Sitio Experimental	12
Material Genético.....	12
Metodología	13
Variables evaluadas de calidad física	14
Variables evaluadas de calidad fisiológica.....	15
Diseño Experimental.....	17
Análisis estadístico	18
Comparación de medias	18
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	19

Rendimiento y calidad física	19
Interacción genotipo por ciclo de producción en la calidad física	23
Calidad fisiológica	26
Interacción genotipo por ciclo de producción en la calidad fisiológica	32
V. CONCLUSIONES	37
VI. LITERATURA CITADA	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 3. 1 Identificación de los materiales genéticos estudiados	13
Cuadro 4. 1 Cuadrados medios y niveles de significancia en las variables de calidad física y rendimiento	19
Cuadro 4. 2 Comparación de medias entre ciclos de producción en las variables calidad física y rendimiento	21
Cuadro 4. 3 Resultados de la prueba de comparación de medias entre genotipos en las variables rendimiento y calidad física	23
Cuadro 4. 4 Cuadrados medios y niveles de significancia en 29 genotipos de cereales mediante la calidad fisiológica de semillas en dos ciclos de producción	27
Cuadro 4. 5 Comparación de medias entre los ciclos de producción en las variables de la calidad fisiológica evaluados en 29 genotipos de cereales	27
Cuadro 4. 6 Comparación de medias entre ciclos de producción en las variables de Calidad Fisiológica	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3. 1 Equipo GAC210, determinación de peso volumétrico y contenido de humedad	14
Figura 3. 2 Evaluación de plántulas normales.....	15
Figura 3. 3 Clasificación de plántulas normales (a) y semillas sin germinar (b)....	16
Figura 3. 4 Evaluación de longitud media de plúmula (a); Evaluación de longitud media de raíz (b).	17
Figura 4. 1 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable rendimiento de semilla.....	24
Figura 4. 2 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable contenido de humedad	25
Figura 4. 3 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable peso de mil semillas	25
Figura 4. 4 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable peso volumétrico	26
Figura 4. 5 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable plántulas normales	32
Figura 4. 6 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable plántulas anormales.....	33
Figura 4. 7 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable semillas sin germinar	34
Figura 4. 8 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable longitud media de plúmula.....	35
Figura 4. 9 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable longitud media de radícula.....	35
Figura 4. 10 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable peso seco	36

RESUMEN

El rendimiento de semilla y sus atributos de calidad han sido las características más estudiadas de las plantas cultivadas y son de suma importancia para su comercialización; además de ser una base del fitomejoramiento en la búsqueda de alternativas para la obtención de nuevas variedades con mayor capacidad productiva; el programa de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ha generado nuevas líneas de cebada forrajera, con características sobresalientes y con posibilidades de registro de nuevas variedades en el mercado agrícola para la región del Noreste de México, como una alternativa en la demanda de semilla para forraje. Por ello, se comparó el rendimiento y calidad de semillas de 29 genotipos de cereales forrajeros de grano pequeño; 25 progenies de cebada forrajera, dos variedades comerciales de cebada GABYAN95 y Cerro prieto, una variedad comercial de avena Cuauhtémoc, una línea experimental de trigo AN-266 y una variedad de triticale Eronga-83, en dos ciclos de producción (2016-2017 y 2017-2018) en Zaragoza Coahuila; para el establecimiento de producción en el campo se hizo bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones de cada genotipo. Una vez llegada la madurez fisiológica de los materiales, a los 125 días después de la siembra, se cosechó, trilló, limpió, determinó el rendimiento de la semilla, y se evaluaron las siguientes variables en el laboratorio: Peso Volumétrico (PV, kg hL^{-1}), Contenido de Humedad (CH, %), Peso de Mil Semillas (PMS, g), Plántulas Normales (PN, %), Plántulas Anormales (PA, %), Semillas Sin Germinar (SSG, %), Longitud Media de Plúmula (LMP, cmpl^{-1}), Longitud Media de Radícula (LMR, cmpl^{-1}) y Peso Seco de plántula (PS, mgpl^{-1}). Una vez obtenidos los datos, se realizó un análisis de varianza mediante un diseño completamente al azar con tres repeticiones y comparación de medias por DMS al 0.01%. Los resultados indicaron, diferencias altamente significativas en las fuentes de variación ciclos de producción y genotipos, así como en la interacción ciclo de producción por genotipos en las variables evaluadas de Rendimiento, Contenido de Humedad (CH), Peso de Mil Semillas (PMS) y Longitud Media de Radícula (LMR); mientras que en las variables Plántulas Normales (PN), Plántulas Anormales (PA), Semillas Sin

Germinar (SSG), Peso Seco (PS), Peso Volumétrico (PV), Longitud Media de Plúmula (LMP) no se encontraron diferencias significativas. En la prueba de comparación de medias entre los ciclos de producción, indico un mayor rendimiento en ciclo 2017-2018, destacando los genotipos de cebada G19 y G22 con 3 a 3.7 tha^{-1} . Así mismo, en este mismo ciclo sobresalieron en la calidad física en las variables contenido de humedad los testigos avena (G25), cerro prieto(G26) y trigo(G28) con 9%, en cuanto a peso de mil semillas los genotipos G2, G3 y G9 con 49g y peso volumétrico los testigos cerro prieto (G26) y trigo (G28) con 45.70 Kg HL^{-1} . Con respecto a la calidad fisiológica de la semilla producida en el ciclo 2016-2017, resultó en plántulas normales los genotipos G1,G3,G20 y G21 con los mayores porcentajes de 98% y plántulas anormales los genotipos G3,G6 y G20 con 0%, en cuanto a semillas sin germinar resultaron los genotipos G3,G16 y G21 con valores de 2%, en cuanto a longitud media de plúmula los genotipos G3,G6 y G16 tuvieron 13 cm pl^{-1} , en la variable longitud media de radícula indico mayores valores en el ciclo de producción 2017-2018 sobresaliendo los genotipos G4,G18,G20 y el testigo cerro prieto G26 con 14.5 cm pl^{-1} . Así mismo, para este mismo ciclo la variable peso seco indicó que el genotipo, G9 y el testigo avena (G25) tuvieron de 35 a 40 mg pl^{-1} . Dados los resultados, se llegó a la conclusión que el ciclo de producción 2017-2018, fue un mejor ciclo de producción de semilla para los genotipos estudiados en la localidad de Zaragoza Coahuila, teniendo mayores rendimientos y calidad física de semilla en los genotipos G19 y G22; en cambio en el ciclo de producción 2016-2017, se produjo semillas con más alto nivel de calidad fisiológica en los genotipos G3 y G16; se sugiere que los genotipos que destacaron en el estudio, sean nuevamente evaluados en una localidad alterna para lograr identificar a los mejores genotipos con posibilidad de ser registrados como nuevas variedades.

Palabras clave: Cebada forrajera, DMS, Calidad Física, Calidad Fisiológica, Genotipo, Plántulas.

I. INTRODUCCIÓN

A fin de minimizar los riesgos que implica utilizar semillas que no tienen una adecuada capacidad para producir buenas cosechas, es de fundamental importancia realizar un control de calidad; dentro de este, se ven involucrados los diferentes métodos útiles y confiables para determinar las principales características de una semilla de alta calidad, es decir, cuando es pura tiene germinación, alto vigor, y que se encuentre libre de enfermedades; otras características son la calidad física que 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 rendimiento de semilla y sus atributos de calidad han sido las características más estudiadas de las plantas cultivadas y son de suma importancia para su comercialización; además de ser una base del fitomejoramiento en la búsqueda de alternativas para la obtención de nuevas variedades con mayor capacidad productiva. (García *et al.*, 2003 citado por Castañeda,*et al* 2009).

Se busca obtener nuevas variedades que tengan mayor capacidad productiva debido a la sobrepoblación ya que en los últimos 35 años la población mexicana incrementó 79 por ciento pasando de 66.8 millones en 1980 a 119.5 millones. En este mismo periodo, la superficie agrícola creció 22 por ciento y las 17.99 millones de hectáreas sembradas en 1980 aumentaron hasta ser 22.2 millones ha en 2015. Para el futuro considerando que para el 2050 seremos 140 millones de habitantes la tierra agrícola disponible podría disminuir a 0.16 ha/habitante/año.

El desabasto de semillas es un gran problema que se enfrenta por la sobrepoblación; en los próximos 35 años el mayor reto que enfrentará la agricultura mexicana es asegurar el abasto de alimentos para la población de nuestro país. Entre 1980 y 2015 la tierra disponible per cápita disminuyó 31 por ciento, esto significa que en el futuro para aumentar la producción los agricultores deberán enfocarse a mejorar el rendimiento de los cultivos. Los resultados obtenidos

sugieren que la agricultura de México será capaz de producir alimentos que a futuro demande la población, sin embargo, para asegurar su abasto, también será necesario mejorar su acceso y lo más importante distribuirlos con equidad (FAO 2009).

La disponibilidad nacional, regional o local de alimentos está condicionada fundamentalmente por la producción, el almacenamiento y el comercio de alimentos. Cada uno de estos factores, a su vez está influenciado por otra cadena de factores, es decir, la producción no sólo depende de los recursos naturales que favorezcan una buena calidad del suelo, sino también del nivel de capacitación del productor, para el uso de técnicas agrícolas adecuadas que propicien un mayor rendimiento pero con uso intensivo de mano de obra; para que exista disponibilidad alimentaria a nivel de los hogares, los alimentos deben llegar a los mercados locales, no sólo con buenos términos de intercambio, sino también con una importante función reguladora del municipio en cuanto a fiscalización y control de las condiciones de inocuidad.

Los cereales son el alimento humano más importante y, como grupo, constituyen las especies más difundidas. Muchos cereales son además cultivados como forrajes o, por lo menos, usados como tales cuando las condiciones del mercado los favorecen. La paja y los tallos gruesos son importantes fuentes de alimento para el ganado, sobre todo para los rumiantes mayores, y los restos de la cosecha a menudo son pastoreados. La paja es más apreciada en los países en desarrollo que en los países con sistemas de cultivo más intensivos. Dado que la paja ha perdido todas las hojas es un alimento pobre y ordinario; sin embargo, es posible hacer un excelente heno a partir de los cereales si se cortan cuando aún tienen hojas, de lo contrario el producto será apenas superior a la paja. La avena y la cebada son comúnmente cultivadas para henificar mientras que el trigo no es tan apreciado y el centeno es considerado ordinario. Los cultivos de cereales afectados por sequías a menudo son usados para heno.

Entre los cultivos forrajeros con mejores posibilidades para adecuarse a estas condiciones, se encuentran los cereales de invierno, siendo la avena y el centeno las especies de mayor importancia teniendo en cuenta su difusión y el panorama varietal que presentan. Por otro lado, el triticale, gracias al aporte que hacen los nuevos cultivares con mayor aptitud forrajera, ha adquirido importancia en los planteos de las cadenas forrajeras. (Amigone, 2004)

En la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro se han generado nuevos materiales genéticos de cereales de grano pequeño en el programa de cereales, con la meta de aportar al mercado agrícola alternativas de nuevas variedades en el noreste de México donde prevalecen condiciones semi y desérticas, poca disponibilidad de variedades comerciales, con bajos rendimientos y valor nutricional en el forraje; en los últimos años el programa ha desarrollado progenies de cebada forrajera imberbe (sin arista) derivadas de la resistente variedad registrada GABYAN 95; tiene características de alto rendimiento, alta calidad de semilla, de las cuales no se ha generado la suficiente información para su caracterización de la calidad de semilla y selección de las mejores progenies. Por ello se estableció el siguiente objetivo general y específicos.

Objetivo General

Comparar el rendimiento y calidad de semillas de 29 genotipos de cereales forrajeros de grano pequeño en dos ciclos de producción (2016-2017 y 2017-2018) en Zaragoza Coahuila.

Objetivos Específicos

- Determinar y comparar el rendimiento de semilla de 24 progenies de cebada forrajera, dos variedades comerciales de cebada: GABYAN95 y Cerro prieto, una variedad comercial de avena Cuauhtémoc, una línea experimental de trigo (AN-266) y una variedad de triticale: Eronga-83, en dos ciclos de producción, en Zaragoza Coahuila.
- Evaluar y comparar la calidad física de semillas de 24 progenies de cebada forrajera, dos variedades comerciales de cebada GABYAN95 y Cerro prieto, una variedad comercial de avena Cuauhtémoc, una línea experimental de trigo AN-266 y, una variedad de triticale Eronga-83 de dos ciclos de producción mediante pruebas de laboratorio.
- Evaluar y comparar la calidad fisiológica de semillas de 24 progenies de cebada forrajera, dos variedades comerciales de cebada GABYAN95 y Cerro prieto, una variedad comercial de avena Cuauhtémoc, una línea experimental de trigo AN-266 y, una variedad de triticale Eronga-83 de dos ciclos de producción mediante pruebas de germinación y vigor en condiciones de laboratorio.

Hipótesis

- Al menos uno de los genotipos estudiados produce mayor rendimiento de semilla que el resto, en alguno de los ciclos de producción establecidos en el estudio.
- Al menos uno de los genotipos estudiados produce mayor calidad física en la semilla que el resto, en alguno de los ciclos de producción establecidos en el estudio.
- Al menos uno de los genotipos estudiados produce mayor calidad fisiológica en la semilla que el resto, en alguno de los ciclos de producción establecidos en el estudio.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

Cereales Forrajeros

Los cereales son importantes en la dieta humana y animal por su alto valor alimenticio, son alimentos difíciles de sustituir por su elevado contenido de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales (Berlijin, 1984).

La principal utilización de los cereales en los países desarrollados es la alimentación animal como fuente energética ofreciendo una alternativa económica para que los productores desarrollen sistemas de producción animal sostenibles. Prácticamente toda la planta es utilizable cosechándola antes de su madurez para ofrecerla como forraje verde, en forma de ensilado, heno y el subproducto de la cosecha del grano como el rastrojo (Santoyo y Quiroz, 2010). Los cereales de grano pequeño, como se le conoce a la avena, cebada, trigo, triticale y centeno, son cultivos muy aceptados y utilizados para producir forraje por varias razones ya que tienen un buen potencial de producción de forraje, y son más eficientes en el uso del agua que otros cultivos como el maíz y el sorgo (Brouwer y Heibloem, 1986; Enciso *et al.*, 2004).

La calidad nutritiva de su forraje es alta cuando se cosechan en su etapa óptima, por lo que se puede utilizar en cualquier etapa fisiológica del ganado, son versátiles en su uso porque se pueden henificar, ensilar y pastorear, lo que da al productor flexibilidad en el manejo de su explotación, se pueden producir todo el año ya que hay variedades de primavera e invierno y algunos de ellos, como el centeno, tienen una excelente tolerancia al frío (Oplinger *et al.*, 1997).

Sistemas de Producción Mundial de Cereales Forrajeros

La superficie mundial cultivada de cereales en el 2011 se sitúa en 688 millones de hectáreas, aproximadamente el 16% de la superficie agrícola útil y la mitad de las tierras arables en el mundo. En este mismo año, se produjeron aproximadamente 2,500 millones de toneladas de granos. Los principales países productores de cereales son: China, Estados Unidos, India, Francia, Rusia, Canadá, Brasil,

Alemania, Argentina y Bangladesh. El trigo ocupa el primer lugar entre los cereales con un tercio de la producción mundial repartida principalmente en Europa y Asia. El arroz lleva el segundo lugar producido 60% en Asia. El maíz es el siguiente en la lista concentrándose principalmente en Estados Unidos, relacionado directamente con la ganadería de este país. La avena y el centeno son aún muy cultivados en Europa. Existen cinco grandes exportadores de cereales: Estados Unidos, Canadá, Comunidad Económica Europea, Australia y Argentina, que en conjunto exportan el 87% de la producción mundial (FAO, 2011).

Sistema de Producción Nacional de Cereales Forrajeros

En México, el primer lugar de producción es el maíz, seguido por el trigo, producido principalmente en Sonora con 1.68 millones de toneladas equivalente al 48% de la producción nacional; seguidos por los estados de Guanajuato, Baja California, Michoacán y Jalisco. La cebada se produce principalmente en Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala y Estado de México; en el 2011 se sembraron 942,823.74 ha de avena forrajera, con rendimientos de 9.89 t de materia verde (MV) ha⁻¹; 34,613.70 ha de cebada forrajera produciendo 13.59 t MV ha⁻¹; 2,377.55 ha de trigo, obteniendo hasta 26.92 t MV ha⁻¹, y 5,299.75 ha de triticale, produciendo 27.84 t MV ha⁻¹; reportando tan solo en el Estado de San Luis Potosí, hasta 18,959 ha cultivadas de avena forrajera de las cuales se tuvo un rendimiento de 9.39 t MV ha⁻¹, 516 ha de cebada forrajera, de 15.14 t MV ha⁻¹; 6.0 ha sembradas de trigo con un rendimiento de 7.50 t ha⁻¹, no se registraron producciones de triticale forrajero (CIEP 2011).

Comercialización y Abastecimiento de Variedades

Con base en el uso final de la cebada, existen básicamente dos tipos de cebada, la que se destina para alimentación de animales y aquella que es empleada para la producción de malta, lo que el productor primario decide, desde el momento de la selección de la variedad a sembrar, que tipo de cebada será la que produzca. Dicha decisión también se encuentra sujeta a la estructura de la cadena agroalimentaria, ya que la producción de cebada maltera, normalmente se realiza a través de contratos o acuerdos con las compañías comercializadoras de esta variedad de

grano; mientras que, en el caso de la cebada para la alimentación de ganado, su venta por lo general se lleva a cabo a través de comercializadores, se encargan de suministrar el producto a las plantas procesadoras de alimentos balanceados.

Las exigencias principales del mercado nacional en cuanto a calidad de la cebada para producción de malta, que no varían mucho para producción de semilla, al requerir un grano o semillas, con condiciones físicas y fisiológicas, sin plagas, con una germinación mínima de 85%, humedad igual o menor al 14%, buen tamaño de grano, porcentajes de grano desnudo o quebrados menores del 5%, menos de 2% de impurezas, un máximo del 10% de grano dañado y hasta 10% de mezclas con otras variedades de cebada, todo con la finalidad de obtener el máximo rendimiento de grano o semilla para el extracto de malta o forraje por tonelada de cebada. (CIEP 2011).

El uso de variedades recomendadas, permite asegurar el tipo de producto, la precaución de utilizar parcelas que no impliquen riesgo de contaminación con otros granos, el adecuado control de malezas y plagas, así como el adecuado manejo del producto durante la cosecha y arrastre, les permite satisfacer las exigencias del industrializador. Sin embargo, existen muy pocas variedades cebada del tipo destinado para la alimentación del ganado, que en ocasiones la variedad cebada que originalmente fue sembrada para la producción de malta, al no reunir los requisitos mínimos establecidos por las comercializadoras malteras, se destina el grano para otros usos como alimento balanceado (Espinoza, 2003).

Rendimiento de semilla y forraje

La productividad de un cultivo está determinada por su potencial genético y el impacto del ambiente sobre su capacidad de crecimiento y partición de materia seca hacia destinos reproductivos, por otro lado, cambios en la fecha de siembra del modifican la respuesta del rendimiento en grano (Maqueira *et al.*, 2009).

Además, se sabe que el rendimiento de un cultivo viene dado por la capacidad de acumular biomasa (materia fresca y seca) en los órganos que se destinan a la cosecha y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. Así, la distribución de materia seca entre los diferentes órganos de la planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo.

Calidad de Semilla

La calidad de la semilla es un término relativo y significa el grado de excelencia cuando se compara con un estándar aceptable. (Fernández *et al.*, 1985). Por otro lado, (Thomson, 1979) mencionan que es un concepto múltiple que puede ser calificado particularmente a partir de ciertos atributos como pureza varietal, germinación, vigor, sanidad, apariencia, uniformidad, pureza física, daño mecánico, estado de madurez.

Calidad Genética

Consiste en determinar la autenticidad o fidelidad de las semillas de una determinada variedad con respecto a las características de la variedad liberada por el fitomejorador. La manera de evaluar este tipo de calidad es en base a un catálogo de descripción varietal en el que se describen las características agronómicas, morfológicas, fisiológicas y bioquímicas con las que fue liberada la variedad de interés.

Calidad Física

Se refiere al grado de pureza física de la semilla; es decir, si existe o no la presencia de semillas de otros cultivos o malezas, materia inerte, así como la integridad de la semilla (semilla quebrada, tamaño y peso de la semilla). La evaluación de este componente es a través del conteo de semillas extrañas, contenido de humedad, peso volumétrico o peso de 1000 semillas. Se expresa como el porcentaje del peso que corresponde a la semilla de la especie, con respecto al peso total de la muestra de un determinado lote.

Calidad Fisiológica

Evalúa la capacidad de la semilla para producir una nueva planta; es decir, la viabilidad, capacidad de germinación y vigor. Para evaluar la calidad fisiológica se emplean distintas pruebas para cuantificar el nivel de actividad de la semilla, como son: Pruebas de viabilidad con tetrazolio, prueba estándar de germinación y pruebas de vigor (peso seco, crecimiento de plántula, envejecimiento acelerado, conductividad eléctrica, entre otras). Este componente se expresa como el porcentaje de semilla fisiológicamente viable, con respecto al total de la muestra de un lote de semillas.

Las pruebas de germinación han sido aceptadas y se utilizan universalmente para determinar la calidad fisiológica de un lote de semillas; la prueba de germinación se diseñó para medir el máximo potencial de viabilidad de las semillas. (Copeland y McDonald, 1985). Para el fisiólogo de semillas, la germinación es definida como la emergencia de la radícula a través de la cubierta de la semilla. Para el analista de semillas, la germinación es la emergencia y desarrollo del embrión de la semilla de aquellas estructuras esenciales según el tipo de semilla en cuestión. Por lo tanto, todas las definiciones incluyen alguna medida de desarrollo de una plántula, aunque ocurre esto subsecuente al evento de la germinación (AOSA, 1981).

El vigor de las semillas ha sido definido como la sumatoria total de aquellas propiedades de las semillas que determinan el nivel de actividad y el comportamiento de las semillas o de un lote de semillas durante la germinación y emergencia de las plántulas (Perry, 1977).

Las semillas que muestran un buen comportamiento son consideradas de alto vigor, y aquellas que presentan un pobre comportamiento son llamadas semillas de bajo vigor (International Seed Testing Association, 1996). Los aspectos del comportamiento asociados con el vigor de las semillas incluyen: a) tasa y uniformidad de germinación de semillas y crecimiento de plántulas; b) comportamiento en el campo, incluyendo la tasa y uniformidad de la emergencia de

las plántulas y c) comportamiento después del almacenamiento y transporte, particularmente la disminución de la capacidad de germinación.

Otros autores, mencionan que el vigor de la semilla depende de la constitución genética de la planta madre y del ambiente biótico y abiótico que la rodea, desde su germinación y posterior crecimiento de la plántula, hasta la cosecha. Las condiciones ambientales imperantes durante la etapa postcosecha y en el almacenamiento también influyen en el vigor de la semilla (Marsans, 1987; Shekaramúrthy *et al.*, 1994).

Calidad Fitosanitaria

Aquí se evalúa y determina la presencia o ausencia de organismos patógenos causantes de enfermedades. El desarrollo de estos organismos dependerá de las condiciones climáticas, el manejo y presencia del inóculo, entre otras. Para determinar la presencia de patógenos en la semilla se utilizan: Exámenes directos, examen de embriones, pruebas de papel filtro, agar, crecimiento, pruebas serológicas (SNICS, 2016).

Efecto del ambiente en la calidad de semillas de cereales

Las semillas son higroscópicas y absorben o liberan humedad, dependiendo del ambiente donde se encuentre o se le coloque; ya que su contenido de humedad final se estabiliza al estar expuesta a un ambiente específico por un período de tiempo determinado, con que se conoce como humedad de equilibrio. Esta humedad, depende del tipo de semillas, la temperatura y humedad relativa (HR) del aire circundante, lo que hace importante considerar estos factores en el sistema de producción y conservación de un lote de semillas. Si el contenido de humedad de la semilla es alto, mayor a la humedad de equilibrio de un ambiente, la semilla liberará humedad al ambiente; y, al contrario, si es menor, absorberá humedad del aire. Está demostrado que cuando la HR del aire supera el 75 %, el contenido de humedad de las semillas se incrementa rápidamente; en cambio, en climas secos donde la HR

no sobrepasa ese límite, sus cambios afectan poco el contenido de humedad de las semillas (Alzugaray *et al*, 2007).

El clima ideal para la producción de semillas es el que presenta radiación, temperatura y precipitaciones adecuadas para el desarrollo vegetativo de un cultivo determinado, fotoperíodos favorables para la inducción floral y condiciones meteorológicas secas y relativamente estables durante su maduración (Humphreys, 1979). Según Hopkinson y Reid (1979) los requerimientos generales de mayor importancia para considerar una región adecuada para la producción de semillas son: - Que la precipitación anual promedio fluctúe entre 800 y 2000 mm, con una estación húmeda predominante en el verano y que no haya una precipitación mayor de 400 mm fuera de los cuatro meses más húmedos.

- Una temperatura diaria promedio no inferior a los 17°C durante el mes más frío. - Una latitud superior a los 10°.

III MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Sitio Experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en dos etapas: Producción y acondicionamiento de semillas; y la evaluación de calidad de semillas en el laboratorio.

Etapa 1. La producción de semilla en campo, se realizó en otoño-invierno en los años 2016-2017 (Ciclo 1) y 2017-2018 (Ciclo 2) en el municipio de Zaragoza Coahuila está ubicado a 28° 30' latitud norte y 100° 55' longitud oeste, con una altitud 360 msnm, con clima árido, cálido (Bso(h')(x')), y temperatura media anual mayor de 22°C; lluvias entre verano e invierno mayores al 18% anual entre 300 a 400 mm (Arriaga *et al.*, 2000); con suelo tipo calcisol-lúvico-calcico (INEGI, 2000).

Etapa 2. Evaluación de la calidad física y fisiológica de la semilla, se realizó en el laboratorio de Ensayos de Semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo en Tecnología de Semillas perteneciente al departamento de Fitomejoramiento en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Material Genético

Se evaluaron 24 progenies de cebada forrajera imberbe generadas de la cruce entre la variedad recientemente registrada GABYAN95 con la variedad comercial Esperanza, liberada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP).

Así mismo, se evaluaron cuatro testigos de otras especies: avena (cv. Cuauhtémoc), cebada maltera (cv. Cerro Prieto), cebada (GABYAN95), triticale (cv. Eronga-83) y una línea experimental de trigo (AN-266-99). Para un mejor manejo de los materiales evaluados se identificaron como indica el Cuadro 3.1.

Cuadro 3. 1 Identificación de los materiales genéticos estudiados

Numero	Genotipo	Numero	Genotipo	Identificación	Genotipo
G1	CANI-1-14	G11	CANI-80-14	G21	CANI-129-14
G2	CANI-9-14	G 12	CANI-82-14	G22	CANI-130-14
G3	CANI-10-14	G13	CANI-85-14	G23	CANI-131-14
G4	CANI-11-14	G14	CANI-99-14	G24	CANI-133-14
G5	CANI-12-14	G15	CANI-100-14	G25	Avena cv Cuauhtémoc
G6	CANI-15-14	G16	CANI-103-14	G26	Cebada Cerro Prieto
G7	CANI-63.14	G17	CANI-104-14	G27	Cebada GABYAN95
G8	CANI-69-14	G18	CANI-108-14	G28	TRIGO AN-266-99
G9	CANI-70-14	G19	CANI-126-14	G29	Triticale Eronga-83
G10	CANI-77-14	G20	CANI-128-14		

Metodología

Etapa 1: Producción y acondicionamiento de semilla

Se realizó el establecimiento para la producción de semillas, sembrando los 29 genotipos, a una densidad de 100 kg ha⁻¹ en parcelas de 6 surcos de 3.0 m de longitud, espaciados a 0.3 m, con una fertilización de 120-80-00; bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones de acuerdo con el procedimiento establecido por (Zar, 1996), ya que la distribución de bloques al azar es de uso común y eficaz, las ventajas son mayores cuando se conoce el gradiente de variación, formando bloques perpendiculares a la dirección del gradiente.

Una vez llegada a la madurez fisiológica de la semilla, a los 125 días después de la siembra, se procedió a la cosecha y trilla, al término, se llevó a una limpieza con la ayuda de una Cipler con diferentes cribas; para retirar todas las impurezas. Una vez realizado este paso, se colocó cada material genético en bolsas de papel estraza, se pesaron en una balanza marca TOR-REY con 0.01 g de precisión, y se registró el peso de rendimiento de semillas (REND), en t ha⁻¹.

Etapa 2: Evaluación de la semilla mediante pruebas de calidad física y calidad fisiológica

Se evaluó la calidad mediante la metodología de la ISTA (2009), en tres repeticiones por cada genotipo, determinando la calidad física mediante las pruebas de contenido de humedad, peso de mil semillas y peso volumétrico; y la calidad fisiológica a través de las pruebas de germinación y vigor, identificando porcentaje de plántulas normales, anormales y semillas sin germinar, y de vigor con las pruebas de primer conteo, longitud media de plúmula, longitud media de radícula y tasa de crecimiento de plántula.

Variables evaluadas de calidad física

Peso Volumétrico (PV) y Contenido de Humedad (CH)

Se utilizó un equipo GAC 2100, colocando la semilla de cada genotipo en la tolva de llenado, se descargó la muestra (Figura 3.1); se presionó el botón de lectura, este proceso se realizó en tres repeticiones por cada genotipo, y se procedió a registrar los resultados emitidos de peso volumétrico en bul HL^{-1} y contenido de humedad en porcentaje.



Figura 3. 1 Equipo GAC210, determinación de peso volumétrico y contenido de humedad

Peso de Mil Semillas (PMS)

Se contaron manualmente ocho repeticiones de 100 semillas por genotipo, se pesó cada repetición en una balanza analítica marca OHAUS de 0.0001g de precisión, se registró y se calculó el peso de mil semillas en gramos.

Variables evaluadas de calidad fisiológica

Prueba de germinación

Se realizó conforme a las reglas de la ISTA (2004), sembrando tres repeticiones de cada genotipo de 25 semillas por repetición sobre una hoja de papel "Anchor" húmeda, de 34 cm de largo x 22 cm de ancho, cubriendo con otra hoja de papel húmeda, y enrollado a formar por un "taco", colocando cada taco en una bolsa de polietileno y llevándolos a una temperatura de 5°C por tres días, al cabo del tiempo se cambiaron a una cámara de germinación marca LUNISTELL a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, a 8 horas luz y 16 oscuridad, a los siete días se evaluaron las siguientes variables:

Plantas Normales (PN). Se abrió cada taco, se contabilizó el número de plántulas normales, consideras aquellas que desarrollaron una plúmula y radícula de manera correcta (Figura 3.2), con un tamaño mayor a dos centímetros, y se registró el porcentaje de cada repetición por genotipo.



Figura 3. 2 Evaluación de plántulas normales

Plántulas Anormales (PA). Al momento de la evaluación, se determinó el número de plántulas anormales de cada repetición, considerando todos aquellos defectos en la plúmula y radícula, que no lograron formar una plántula normal (Figura 3.3), por tener alguna deficiencia en desarrollo de sus estructuras esenciales, lo que les impide su desarrollo normal cuando crece en suelo preparado y en condiciones favorables de agua, luz y temperatura; se registró el porcentaje.

Semillas Sin Germinar (SSG)

Al momento de la evaluación se determinó el número de semillas sin germinar por cada repetición considerando todas aquellas semillas que no lograron germinar correctamente (Figura 3.3), que permanecieron duras al final de la prueba de germinación, una vez realizado el conteo de las semillas se registró el dato.



Figura 3. 3 Clasificación de plántulas normales (a) y semillas sin germinar (b)

Longitud Media de Plúmula (LMP)

Se realizó conforme a las reglas de vigor de la ISTA (1996), sembrando tres repeticiones de cada genotipo de 25 semillas por repetición sobre una línea horizontal en la parte media de una hoja de papel “Anchor” húmeda, de 34 cm de largo x 22 cm de ancho, y se trazaron otras líneas paralelas cada 2 cm, cubriendo con otra hoja de papel húmeda, y enrollado a formar por un “taco”, y colocados en una bolsa de polietileno y llevados a una temperatura de 5°C por tres días, al cabo del tiempo se cambiaron a una cámara de germinación marca LUNISTELL a 25 ±1°C, a 8 horas luz y 16 oscuridad, a los siete días se evaluó la prueba, anotando el número de plántulas normales ubicadas en cada paralela (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13) como se muestra en la Figura 3.4 por cada repetición, calculando la longitud media de plúmula con la siguiente ecuación y registrando el dato en cm pl⁻¹.

$$Lmp = \frac{(n(1) + n(3) + \dots + n(13))}{25}$$

Lmp = Longitud media de plúmula en cm.

n = Número de plúmulas entre dos paralelas.

(1, 3, 5, 7, 9, 11, 13) = Distancia del punto medio de paralelas a línea central.

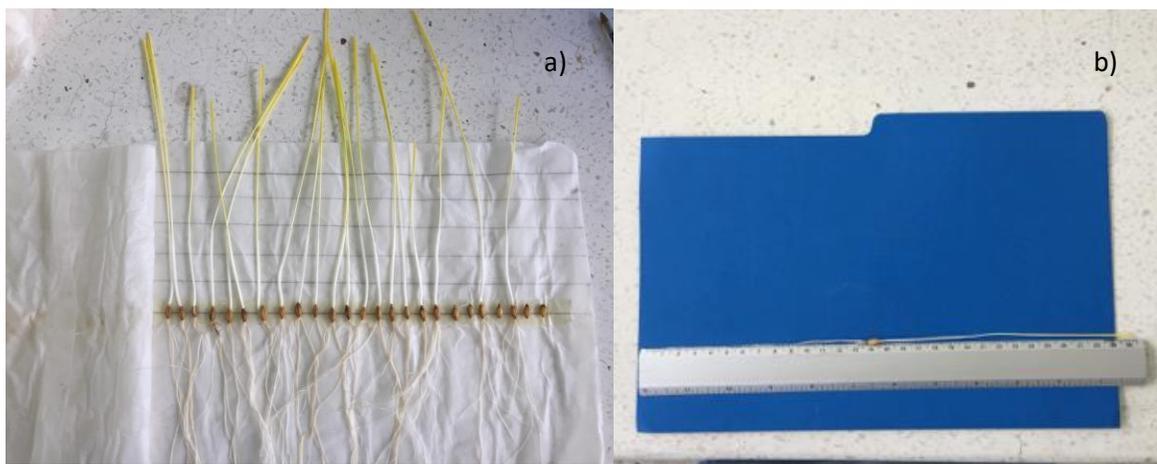


Figura 3. 4 Evaluación de longitud media de plúmula (a); Evaluación de longitud media de radícula (b).

Longitud Media de Radícula (LMR)

Para esta variable se consideraron las plántulas normales de la prueba longitud media de plúmula, evaluando la radícula de cada plántula mediante una regla graduada (Figura 3.4), se calculó el promedio de cada repetición por genotipo y registró el dato en cm pl^{-1} .

Tasa de Crecimiento de Plántulas (Peso seco, PS). Una vez evaluadas las variables anteriores, las mismas plántulas normales evaluadas, se utilizaron para esta variable, desprendiendo el resto de semilla, extrayendo la plúmula y radícula de todas las plántulas normales de cada repetición y se colocaron en una bolsa de papel, luego fueron llevadas a una estufa marca FELISA por 24 horas a 65°C , posteriormente se sacaron y se enfriaron en un desecador, al cabo de 15 min, se pesaron en una balanza analítica marca OHAUS de 0.0001 g de precisión, y se calculó el dato en mg pl^{-1} .

Diseño Experimental

Los genotipos se evaluaron en campo bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y tamaño de parcela descrito anteriormente.

Análisis estadístico

La información conjunta de las variables en los dos ciclos de producción, se analizó con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2009) usando un diseño de parcelas divididas, con tres repeticiones por cada genotipo, considerando los ciclos de producción como parcela grande y los genotipos como parcela chica. Dicho análisis funciona bajo el modelo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + CR_{ij} + G_k + GC_{ik} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Variable observada

μ = Efecto de la media general del experimento

C_i = Efecto del i-ésimo ciclo de producción

CR_{ij} = Error de parcela grande

G_k = efecto del k-ésimo genotipo

GC_{ik} = Interacción del i-ésimo ciclo de producción con el k-ésimo genotipo

E_{ijk} = Error experimental

Comparación de medias

Para comparar entre los genotipos, se utilizó la prueba de la Diferencia Mínima Significativa (DMS), según Steel y Torrie (1986) y se calcula mediante:

$$DMS = (t_{\alpha/2, g. l. EE}) (\sqrt{2 \text{ CMEE}/r})$$

Donde:

CMEE = Cuadrado medio de error

r = Número de observaciones usadas para calcular un valor medio.

α = Nivel de significancia

g.l.EE. = Grados de libertad del error experimental.

t = Valor tabular que se usa en la prueba, con los grados de libertad del error y el nivel de significancia.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Una vez obtenidos y analizados los datos, se encontraron los siguientes resultados.

Rendimiento y calidad física

En el análisis de varianza para el parámetro de calidad física de semillas, indicó diferencias altamente significativas ($P \leq 0.01$) en todas las fuentes de variación excepto en ciclos de producción por repetición (error de parcela grande), que no fue significativo para REND y CH como se muestra en el Cuadro 4.1; con un Coeficiente de Variación (CV) entre 2.9 y 4.9% en las variables CH, PV y PMS así como 15.76 % en la variable de REND; estos resultados reflejan que al menos uno de los ciclos de producción y los materiales genéticos presentó una calidad física diferente en los atributos evaluados con respecto al resto de ellos, pero que exhibieron un comportamiento diferente a través de los ciclos de producción.

Cuadro 4. 1 Cuadrados medios y niveles de significancia en las variables de calidad física y rendimiento

FV	GI	REND	CH	PV	PMS
Ciclo de producción	1	102.33 **	236.83**	348.07 **	2440.42**
Genotipo	28	1.21**	0.71**	109.71**	21.93 **
Ciclo*Rep	4	0.07 NS	0.08 NS	10.23 **	14.53 **
Ciclo*Genotipo	28	0.079 **	0.59 **	41.28 **	57.17 **
Error Exp	112	0.95	0.10	4.29	4.02
Total	173				
CV		15.76	2.91	4.95	4.95

Niveles de significancia: **= $p \leq 0.01\%$ altamente significativo; ns= no significativo; CV (%) Porcentaje de Coeficiente de Variación; REND= Rendimiento de semilla limpia; CH= Contenido de humedad; PV= Peso volumétrico y PMS= Peso de mil semillas.

Además, la respuesta significativa sobre el año de producción, tal vez fue debido a las diferentes condiciones climáticas que se presentaron en cada uno de los ciclos de producción como lo afirma (Vieselov, 1965), respecto a que toda modificación del medio ambiente produce cambios considerables en el desarrollo de los elementos de las plantas, suscitando la aparición y desarrollo de unas partes y el debilitamiento y hasta la desaparición de otras. Según el famoso naturalista esto

ocurre debido al cambio en la nutrición en los procesos de absorción y secreción de sustancias, en la cantidad obtenida de calor, luz, humedad y otros factores del medio.

Al encontrar significancia en las fuentes de variación en la calidad física y rendimiento, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias entre los ciclos de producción.

En los resultados de la prueba de medias mediante DMS (Diferencia Mínima Significativa) al 0.01, se encontró un mayor rendimiento en el segundo ciclo de producción del 2017-2018 (Cuadro 4.2), probablemente las condiciones de este ciclo favorecieron a la producción de semilla al haberse registrado una temperatura promedio mínima de 10 a 25 °C y una temperatura máxima de 20 a 35 °C registradas por el Servicio Meteorológico Nacional, del Centro Nacional de prevención del tiempo (CNPT); las condiciones climáticas interfieren en el ciclo de producción directamente en el rendimiento (Vieselov, 1965); dado que en el ciclo 2016-2017 las temperaturas registradas fueron más bajas, con una temperatura mínima de 10-22°C y una temperatura máxima de 17-35°C, por lo que fueron afectados entre otros parámetros el rendimiento de los genotipos.

En la calidad física evaluada, en el ciclo 2017-2018, el porcentaje de humedad de los genotipos estudiados fue menor de 9.9 % (Cuadro 4.2), el cual fue aceptable según la Norma Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2008, que indica que la humedad debe ser por debajo de 18%.

Con respecto a la variable Peso de Mil Semillas (PMS), nuevamente el ciclo 2017-2018 sobresalió al presentar un valor más alto con 44.3 g, mostrado en el mismo Cuadro 4.2, lo que puede indicar que durante este ciclo de producción se tuvo una mejor condición en el desarrollo de la planta y generar mayor acumulación de materia seca en la formación de semilla.

En el caso de la variable de Peso Volumétrico (PV), se encontró un mayor valor en el ciclo 2016-2017, (42.96 Kg HL⁻¹) debido a que el resultado del peso volumétrico está en función del contenido de humedad, a mayor porcentaje, menor cantidad de semilla en el volumen conocido sin considerar el peso de mil semillas efecto que sucedió en este ciclo.

Las dimensiones longitud, ancho y espesor de las semillas se incrementaron significativamente cuando se incrementó la humedad, respuesta similar se ha encontrado en haba, amaranto, lenteja entre otras especies (Altuntas y Yildiz, 2007; Dursun y Dursun, 2005; Garnayak *et al.*, 2008; Karababa, 2006); ya que al aumentar la humedad de la semilla, se genera un estiramiento de los tejidos proporcionalmente en sus tres planos longitudinales sin cambiar su forma, siendo un cambio de forma de la semilla volviéndose globular por el estiramiento de los bordes longitudinales cuando al incrementar los contenidos de humedad, como se presentó en los genotipos del estudio, al tener menor tamaño de semilla (bajo peso de mil semillas con 36.8 g), alto contenido de humedad (12.3%) y por ende aumento el peso volumétrico de la semilla como se refleja en el Cuadro 4.2.

Cuadro 4. 2 Comparación de medias entre ciclos de producción en las variables calidad física y rendimiento

CICLOS	REND	CH	PV	PMS
2016-2017	1.19b	12.30a	42.96a	36.78a
2017-2018	2.73a	9.89b	40.72b	44.27b

Diferentes literales indica diferente grupo estadístico; REND= rendimiento de semilla limpia (t ha⁻¹); CH= Porcentaje de contenido de humedad; PV= peso volumétrico (Kg HL⁻¹) y PMS= peso de mil semillas (g).

En la prueba de comparación de medias entre los genotipos en la variable de rendimiento de semilla, se obtuvieron 11 grupos de significancia, las progenies de cebada forrajera presentaron mayor rendimiento que los testigos, siendo los genotipos G4, G9, G11, G19, G20, G21, G22, G23 y G24 con el mayor rendimiento por arriba de 2.1 t ha⁻¹ (Cuadro 4.3) formando el grupo estadístico "A"; estos resultados superan a los encontrados en otros estudios en condiciones de temporal

en variedades como Esmeralda (2.03 t ha⁻¹), la línea M-152A con (1.96 t ha⁻¹), Adabella (1.76 t ha⁻¹) y Cerro Prieto (1.32 t ha⁻¹) (Beltrán *et al.*, 2011).

Sin embargo, el testigo avena (G25) presentó 0.3 t ha⁻¹ siendo el valor más bajo, seguido del testigo GABYAN95 (G27) con un valor de 0.85 t ha⁻¹; mientras los genotipos de cebada G19 y G22 sobresalieron con el mayor rendimiento de 2.5 t ha⁻¹ de ocho genotipos pertenecientes al grupo estadístico "A" con valores de 2.5 a 2.1 t ha⁻¹, siendo las progenies de cebada forrajera quienes produjeron mayor rendimiento que los testigos.

En el caso de la variable peso volumétrico, el resultado de la prueba de comparación de medias presentó 9 grupos estadísticos destacando en el primer grupo al G28 con un valor de 60.5 Kg HL⁻¹ encontrándose en el grupo estadístico "A", el G25 con un valor de 36.4 Kg HL⁻¹ reportó el valor más bajo.

Al realizar una prueba de comparación de medias para la variable de peso de mil semillas el resultado presentó 11 grupos estadísticos entre los cuales el G3 sobresalió del resto con un valor de 45.5 g siendo este el valor más alto encontrándose en el grupo estadístico "A" junto con tres genotipos más, el G28 promedió un valor de 29.0 g siendo este el valor más bajo, integrando el grupo estadístico "K", seguido del G1 con un valor de 30.4 g.

Cuadro 4. 3 Resultados de la prueba de comparación de medias entre genotipos en las variables rendimiento y calidad física

Genotipo	Rendimiento (tha ⁻¹)	Contenido de humedad (%)	Peso volumétrico (KgHL ⁻¹)	Peso de mil semillas (g)
G1	2.0BCDEFGHI	11.2 BCDEFGH	41.9 DCEF	30.40 K
G2	1.8 GHI	11.1 DEFGH	41.9 CDE	44.88 AB
G3	2.1 BCDEFGH	11.1 EFGHIJ	41.3 CDEF	45.53 A
G4	2.3ABCDE	11.1 CDEFGH	41.3 CDEF	42.92 BCDEF
G5	1.9 FGHI	11.0 GHIJ	38.3 GHI	39.54 HI
G6	1.9 FGHI	11.1 DEFGH	41.1 DEF	42.43 BCDEF
G7	2.0 DEFGHI	11.1 DEFGHI	41.3 CDEF	42.15 DEFG
G8	1.9 FGHI	11.3 ABCDEFG	41.1 DEF	43.11 BCDE
G9	2.3 ABCD	11.4 ABCDE	42.6 CD	44.31 ABCD
G10	1.9 EFGHI	11.3 ABCDEF	41.1 CDEF	41.65 EFGH
G11	2.3 AB	11.0 FGHIJ	40.6 DEFG	41.00 EFGH
G12	2.0BCDEFGHI	11.3 ABCDEFG	42.0 CDE	43.03 F BCDE
G13	1.9 I FGHI	10.7 IJK	37.9 HI	40.82 EFGHI
G14	1.7 HI	11.1 EFGHI	40.1 EFGH	39.81 HI
G15	1.7 I	11.1 EFGHI	40.4 DEFG	40.93 EFGH
G16	1.9 FGHI	10.9 HIJK	39.5 FGH	42.86 BCDE
G17	1.8 GHI	11.3 ABCDEFG	41.7 CDEF	41.40 EFGH
G18	2.0 CDEFGHI	11.4 ABCDE	43.5 C	44.48 ABC
G19	2.4 A	11.5 ABCD	40.8 DEF	40.95 EFGH
G20	2.2 ABCDEF	11.5 AB	41.5 CDEF	40.78 FGHI
G21	2.3 ABC	11.2 BCDEFGH	40.7 DEF	41.64 EFGH
G22	2.4 A	11.3 ABCDEFG	39.5 F G H	39.71 HI
G23	2.1 ABCDEF	11.6 A	41.1 CDEF	40.99 EFGH
G24	2.1 ABCDEFG	11.5 ABC	40.8 DEF	41.77 EFGH
Avena (G25)	0.3 K	10.2 M	36.3 I	34.59 J
Cerro prieto (G26)	1.8083I GH	10.3 LM	41.0 DEF	35.34 J
GABYAN95 (G27)	0.8 J	10.6 KLM	41.2 CDEF	40.47 GHI
Trigo (G28)	1.9 FGHI	10.6 KLM	60.5 A	29.04 K
Triticale (G29)	1.8 GHI	10.7 JKL	50.73 B	38.61 I

* Diferentes literales indica diferente grupo estadístico

Interacción genotipo por ciclo de producción en la calidad física

En la variable rendimiento por ciclos de producción, los genotipos G9, G11, G19, G20, G21 y G22 presentaron el mayor rendimiento de 3 a 3.7 t ha⁻¹ en el ciclo 2017-2018, como lo muestra la Figura 4.1; siendo superiores a los encontrados en otro estudio, al tener a la variedad Esmeralda como la mejor con 2.03 t ha⁻¹ (Beltrán *et al.*, 2011). Cabe señalar que en el ciclo 2016- 2017, los testigos avena (G25), Cerro prieto (G26) y GABYAN95 (G27) tuvieron valores por debajo de 0.5 t ha⁻¹ siendo estos los genotipos de menor rendimiento, en cambio trigo (G28) tuvo un mayor rendimiento, superando a los genotipos de cebada en este ciclo y que probablemente fue el responsable de la interacción detectada por el análisis de varianza; mientras, la avena (G25) obtuvo bajos rendimientos en ambos ciclos, debido a que la semilla inicial utilizada en la producción de los lotes de semilla del

estudio no fue de buena calidad; aunado a las condiciones climáticas de cada ciclo; este mismo efecto pudo haberse presentado en triticale (G29) a pesar de que tuvo un rendimiento medio mostrado en la misma Figura 4.1.

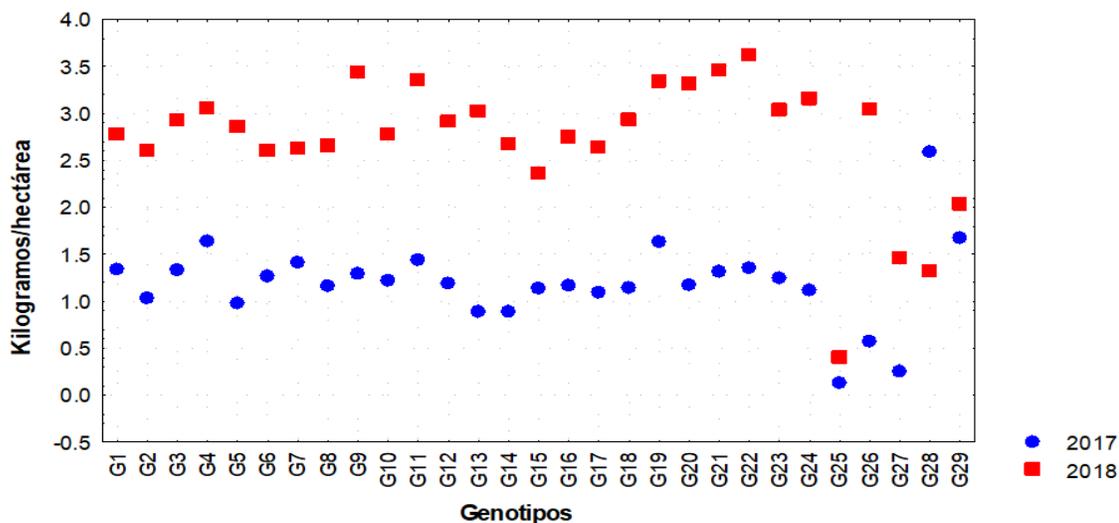


Figura 4. 1 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable rendimiento de semilla

En la variable de contenido de humedad, en los dos ciclos de producción 2016-2017 y 2017-2018, todos los genotipos presentaron un porcentaje de humedad aceptable ya que están dentro del rango requerido para el contenido de humedad. Cabe mencionar que el testigo Cerro prieto (G26) obtuvo un porcentaje por debajo de 8% de humedad para el ciclo 2017-2018, mostrando un rango muy amplio en comparación con el mostrado por GABYAN95 (G27) de la Figura 4.2.

Con respecto a la variable peso de mil semillas, los genotipos G2,G3,G9,G13,G16,G18 y G24 mostraron valores por arriba de 49 g en el ciclo 2017-2018, como lo muestra la Figura 4.3; el genotipo G1 en este mismo ciclo presentó el valor más bajos de los materiales evaluados, mientras que trigo (G28) resultó con una respuesta de peso igual en ambos ciclos y que sin duda contribuyeron a la significancia detectada por el análisis de varianza; cabe mencionar que comportamiento casi similar en ambos ciclos también lo tuvieron los

genotipos G7, G18 y G29 (triticale), como lo muestra la misma Figura 4.3, lo que quiere decir que esta variable fue afectada por las condiciones de los ciclos.

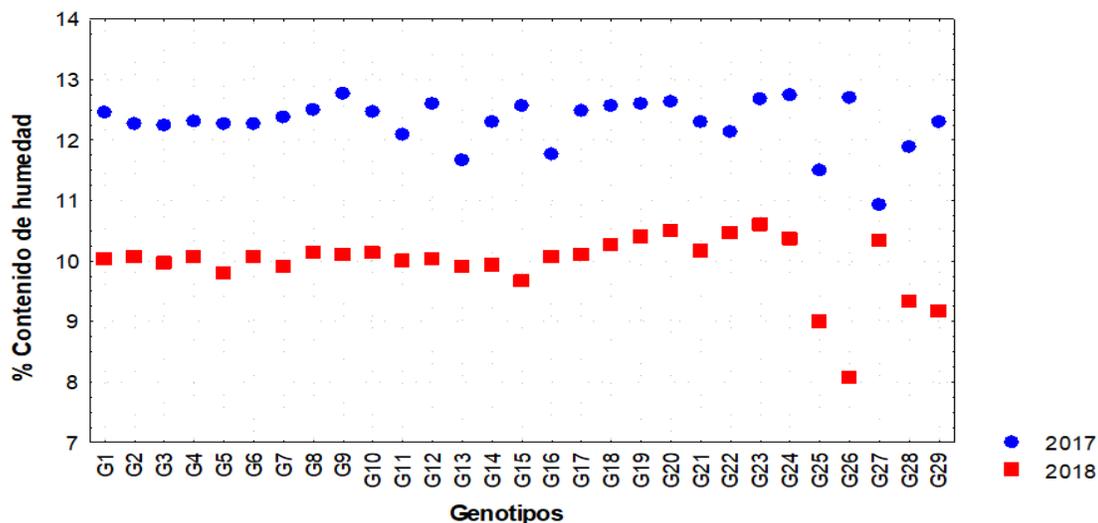


Figura 4. 2 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable contenido de humedad

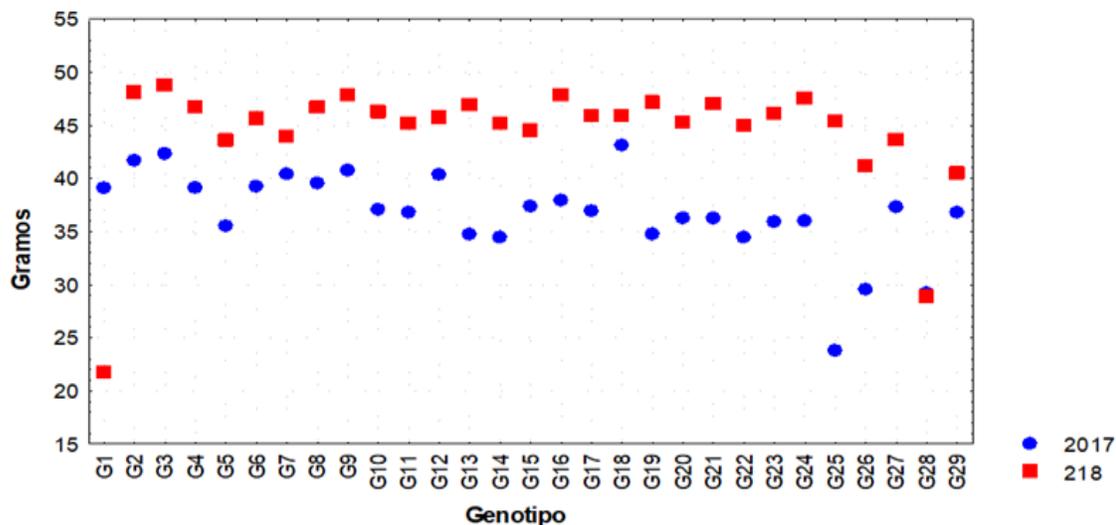


Figura 4. 3 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable peso de mil semillas

De manera general en la Figura 4.4, muestra que el comportamiento de los genotipos en la variable de peso volumétrico, durante los dos ciclos de producción fue similar, la mayoría de cebada reportó valores por debajo de 50 Kg HL⁻¹, en

ambos ciclos; mientras que G18 y los testigos G27, G28 y G29 (GABYAN95, trigo y triticale), en el ciclo 2016-2017 tuvieron valores arriba del 50 Kg HL⁻¹, y en el siguiente ciclo destacaron los testigos G26 y G28 (Cerro prieto y trigo) sobresalieron con mayor peso del resto de los genotipos con valores por arriba de 45.70 Kg HL⁻¹. La interacción se vio reflejada en el comportamiento de los G5, G13, G19, G22, G23 y G26 que mostraron un comportamiento diferente al del resto de genotipos.

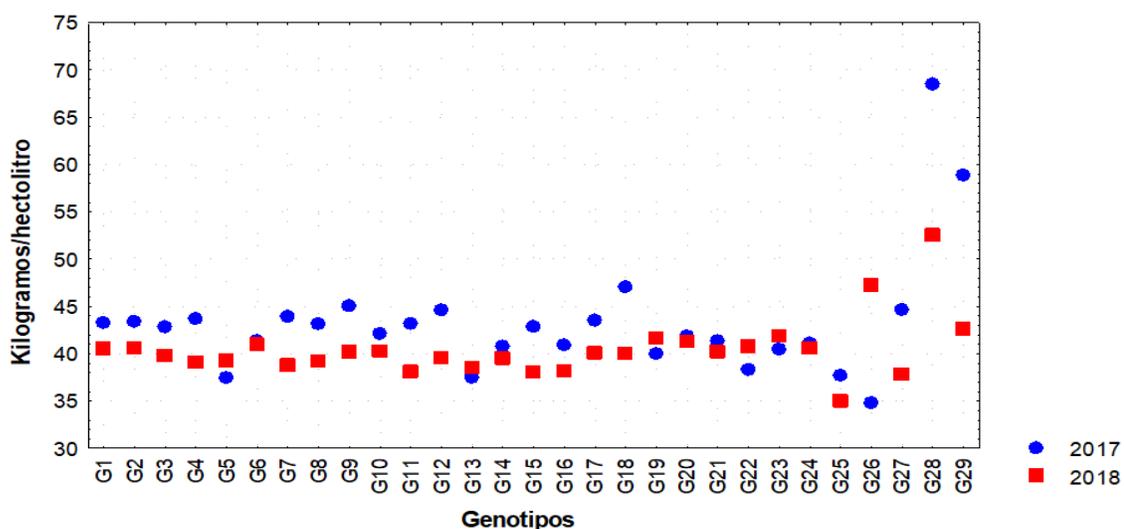


Figura 4. 4 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable peso volumétrico

Calidad fisiológica

En el Cuadro 4.4 se muestran los resultados del análisis de varianza con respecto a las pruebas de calidad fisiológica evaluadas, indicando que en todas las variables se encontraron diferencias altamente significativas en los ciclos de producción, genotipos y en la interacción genotipos por ciclo de producción; indicando que al menos uno de los genotipos tuvo una respuesta diferente en la calidad fisiológica al resto de ellos, así como se dio una respuesta mejor en alguno de los ciclos de producción, teniendo diferentes porcentajes en el Coeficiente de Variación (CV), altos porcentajes en PA y SSG, debido a que se presentaron valores de cero en algunas de las repeticiones de algunos genotipos.

Al encontrar significancia en las fuentes de variación en la calidad fisiológica, se procedió a realizar una prueba de comparación de medias entre los ciclos de producción.

Cuadro 4. 4 Cuadrados medios y niveles de significancia en 29 genotipos de cereales mediante la calidad fisiológica de semillas en dos ciclos de producción

FV	GL	PN	PA	SSG	LMP	LMR	PS
Ciclo	1	1554.02**	236.83**	588.50**	45.965**	951.188**	1869.662**
Genotipo	28	315.05**	16.81**	234.37**	11.966**	6.543**	45.908**
Ciclo*Rep	4	56.07**	1.52**	49.06**	4.759**	13.148**	51.040**
Genotipo*Ciclo	28	337.07**	11.88**	271.93**	6.061**	3.655**	74.408**
Error Exp	112	4.29	5.67	20.51	0.842	1.249	20.483
Total	173						
CV		5.79	141.43	61.95	8.395	9.597	24.106

Niveles de significancia: **= $p \leq 0.1\%$ altamente significativo; CV (%) Porcentaje de Coeficiente de Variación; PN= Plántulas Normales; PA= Plántulas Anormales; SSG= Semillas sin Germinar; LMP= Longitud Media de Plúmula; LMR= Longitud Media de Radícula; PS= Peso seco de plántula.

En los resultados de la prueba mediante DMS (Diferencia Mínima Significativa) al 0.01, se encontró un mayor porcentaje de PN en el primer ciclo de producción 2016-2017 con un valor de 94.13% (Cuadro 4.5), ya que los factores para una buena germinación fueron favorables; existen factores que pueden afectar la germinación de semillas como altas temperaturas, la humedad puede dificultar la capacidad para convertirse en plántulas normales como lo menciona (Besnier,1989); sin embargo, en esta prueba se lograron condiciones óptimas para el buen desarrollo de la semilla, además de obtener porcentajes bajos de PA y SSG.

Cuadro 4. 5 Comparación de medias entre los ciclos de producción en las variables de la calidad fisiológica evaluados en 29 genotipos de cereales

Ciclos	PN	PA	SSG	LMP	LMR	PS
2016-2017	94.13 A	0.517 B	5.30 B	11.43A	9.34 B	15.55B
2017-2018	87.95 B	2.85 A	9.14 A	10.42B	13.94A	21.99 ^a

* Diferentes literales indica diferente grupo estadístico; PN= Plántulas Normales (%); PA= Plántulas Anormales (%); SSG= Semillas sin Germinar (%); LMP= Longitud Media de Plúmula ($\text{cm} \cdot \text{pl}^{-1}$); LMR= Longitud Media de Radícula ($\text{cm} \cdot \text{pl}^{-1}$); PS= Peso seco de plántula ($\text{mg} \cdot \text{pl}^{-1}$).

En cuanto a la variable plántulas anormales (PA) se obtuvo un valor más alto en el ciclo de producción 2017-2018 de 2.85%; lo que puede indicar que se pueden considerar plántulas de baja calidad, debido a que las plántulas emergidas no se desarrollaron satisfactoriamente, por alguna alteración de tipo morfológico provocando plántulas que difícilmente puedan dar lugar a plantas capaces de vegetar adecuadamente (Besnier, 1989), dando lugar el no cumplir con estándar de calidad mayor. Además, se ha comprobado que el hecho de que la semilla absorba agua, se hinche y emitan unas cuantas raicillas no implica que producirá una plántula de buena calidad como lo menciona Boswell y McKay (1984).

Para la variable semillas sin germinar (SSG) se registró un valor más bajo en el ciclo 2016-2017 de 5.30%, y más alto en el ciclo de producción 2017-2018 con un porcentaje de 9.14, posiblemente las condiciones de este ciclo, ocasionaron efectos negativos durante el desarrollo de la semilla, tales como temperatura altas, sequía, incidencia de patógenos en la semilla, entre otros, provocando que los componentes de calidad puedan afectarse en cualquier momento durante la producción y por ende dar semillas de baja calidad (Delouche, 1986).

Sin embargo, en los dos parámetros anteriores de calidad, también suelen aumentar cuando la semilla se encuentra en un estado de latencia o dormancia se le conoce así a la incapacidad de una semilla intacta y viable, de germinar bajo condiciones de temperatura, humedad y concentración de gases que serían adecuadas para la germinación como lo menciona (Hartmann y Kester, 1988). Por un lado, el retardo en emitir la protrusión radicular trae por consecuencia que a los días de evaluación de la prueba no haya alcanzado el nivel de plántula normal y por lo tanto se considere anormal y también se presenten semillas sin germinar.

Al realizar una prueba de comparación de medias para la variable longitud media de plúmula (LMP) se encontró que en el primer ciclo de producción (2016-2017) obtuvo un valor más alto, con un promedio de 11.43 cm pl⁻¹ (Cuadro 4.5). En la variable longitud media de radícula (LMR) se reflejó en el mismo Cuadro de

comparación, un valor más alto en el segundo ciclo de producción 2017-2018 con un promedio de 13.94 cm pl⁻¹. Estos valores de vigor LMR, encontrados en este ciclo pueden confirmar el hecho de que la semilla pudiera haber estado en latencia debido a que los valores fueron superiores que en el ciclo anterior.

En cuanto a la variable peso seco (PS), en el Cuadro 4.5 del análisis de comparación de medias, se obtuvo un valor más alto en el segundo ciclo 2017-2018 con un promedio de 21.99 mg pl⁻¹, lo cual puede confirmar que la producción de semilla en este ciclo resultó con un nivel de latencia al tener mayor acumulación de materia seca en las plántulas normales evaluadas en los genotipos; en comparación a los resultados dados en el ciclo 2016-2017 con 15.55 mg pl⁻¹; así también esta diferencia en el vigor de la semilla entre los ciclos, posiblemente se debió a una alteración durante el desarrollo de la semillas por las condiciones desfavorables de campo como lo menciona (Besnier,1989), el vigor puede verse alterado por anomalías en la constitución de las semillas provocando así bajo peso seco de la plántula.

En la prueba de comparación de medias entre los genotipos en la variable porcentaje de germinación (PN), se obtuvieron 8 grupos de significancia, donde G1, G3, G6, G16, G23 y G26 (Cerro prieto), sobresalieron de 18 genotipos de grupo estadístico "A" (Cuadro 4.6), con los mayores porcentajes de germinación por arriba de 96 %, destacando G3 con 98.0% (aunque estadísticamente se consideraron iguales), lo anterior parece indicar que las condiciones de producción durante los ciclos estudiados no afectó la calidad fisiológica de la semilla de estos genotipos; en cambio, los testigos triticales (G29) y avena (G25), resultaron en el grupo de significancia más bajo con porcentajes de 70.5 y 71.5 %.

Cuadro 4. 6 Comparación de medias entre ciclos de producción en las variables de Calidad Fisiológica

Genotipo	PN	PA	SSG	LMP	LMR	Peso Seco
G1	96.167 ABC	0.167 F	3.500 EFG	11.3733 ACDEFG	11.4383 BCDEFG	18.202 BCDEFGH
G2	92.000 ABCDE	3.167 BCDE	4.167 EFG	11.0867 DEFGH	12.0700 BCD	17.670 BCDEFGH
G3	98.000 A	0.000 F	2.000 FG	12.3500 A	12.0983 BCD	17.100 DEFGH
G4	94.000 ABCD	0.333 F	5.500 DEFG	11.7133 ABCDE	11.8367 BCDE	22.552 A
G5	91.167 BCDE	1.500 CDEF	7.167 DEF	10.7583 EFGH	11.5967 BCDEFG	16.137 FGH
G6	96.333 ABC	0.167 F	3.500 EFG	12.3350 A	12.4783 B	15.870 GH
G7	90.667 BCDE	2.333 CDEF	7.000 DEFG	10.9467 DEFGH	11.7833 BCDEF	15.870 BCDEFG
G8	91.333 BCDE	2.167 CDEF	6.500 DEFG	10.4983 GH	11.2817 BCDEFGH	15.923 GH
G9	93.167 ABCD	0.833 CDEF	6.000 DEFG	11.3083 ABCDEFG	12.4917 B	28.373 A
G10	89.833 DE	3.333 BCD	6.833 DEFG	11.0583 CDEFGH	11.4450 BCDEFG	22.385 BC
G11	90.333 CDE	1.000 CDEF	8.500 DE	11.2567 CDEFGH	12.2350 BCD	21.532 BCD
G12	92.667 ABCD	0.167 F	7.167 DEF	10.9733 CDEFGH	10.9817 DEFGH	17.883 BCDEFGH
G13	80.500 FG	2.667 CDEF	16.667 C	10.0600 H	10.3400 GH	18.013 BCDEFGH
G14	95.167 ABCD	2.000 CDEF	2.833 FG	11.0950 CDEFGH	10.7350 EFGH	17.722 BCDEFGH
G15	94.167 ABCD	2.000 CDEF	3.833 EFG	12.0050 ABC	10.0500 H	20.445 BCDEFG
G16	96.167 ABC	1.333 CDEF	2.500 FG	12.0033 ABC	11.1700 CDEFGH	18.692 BCDEFGH
G17	94.500B ACD	2.000 CDEF	3.500 EFG	11.1400 CDEFGH	10.1200 H	21.470 BCDE
G18	94.500 ABCD	1.333 CDEF	4.167 EFG	12.1933 AB	11.5250 BCDEFG	19.612 BCDEFG
G19	95.000 ABCD	0.667 DEF	4.333 EFG	11.2583 BCDEFG	10.5333 FGH	16.158 FGH
G20	91.500 BCDE	0.000 F	8.500 DE	11.5433 ABCDEFG	11.9383 BCDE	18.032 BCDEFG
G21	95.167 ABCDB	0.000 F	3.833 EFG	12.0067 ABC	10.7567 EFGH	19.693 BCDEFG
G22	93.167 ABCD	1.333 CDEF	5.500 DEFG	10.5933 FGH	10.5417 FGH	16.355 EFGH
G23	96.667 AB	0.167 F	3.167 FG	11.8217 ABCD	11.0000 DEFGH	19.618 BCDEFG
G24	94.667 ABCD	0.500 EF	5.000 DEFG	11.3033 ABCDEFG	11.1750 CDEFGH	19.093 BCDEFG
Avena (G25)	71.500 H	1.500 CDEF	27.667 A	6.7333 I	11.6533 BCDEF	21.128 BCDEF
Cerro prieto(G26)	96.167 ABCB	2.000 CDEF	1.833 G	11.5667 ABCDEF	14.0550 A	17.237 CDEFGH
GABYAN95(G27)	86.333 E F	3.500 BC	10.000 D	11.7400 ABCDE	13.8983 A	18.267 BCDEFGH
Trigo (G28)	76.000 GH	5.500 AB	18.333 BC	10.6417 FGH	12.2983 BC	17.687 BCDEFGH
Triticale(G29)	70.500 H	7.167 A	22.500 AB	7.4883 I	14.0533 A	13.547 H

* Diferentes literales indica diferente grupo estadístico; PN= Plántulas Normales (%); PA= Plántulas Anormales (%); SSG= Semillas sin Germinar (%); LMP= Longitud Media de Plúmula (cm*pl⁻¹); LMR= Longitud Media de Radícula (cm*pl⁻¹); PS= Peso seco de plántula (mg*pl⁻¹).

En la variable del porcentaje de Plántulas Anormales (PA), se obtuvieron seis grupos de significancia, donde en el primer grupo estadístico se encontró el triticale G29 con mayor valor de anomalías con 7.16% lo que puede indicar que se pueden considerar plantas de baja calidad, debido a que las plántulas emergidas no se desarrollaron satisfactoriamente, por alguna alteración de tipo morfológico provocando plántulas que difícilmente puedan dar lugar a plantas capaces de vegetar adecuadamente (Besnier, 1989) ; mientras, los genotipos de cebada G20 y

G21, resultaron tener mayor calidad fisiológica, con un valor de 0% de anormalidad en las plántulas ubicándose en el grupo estadístico “F”.

En el mismo Cuadro 4.6, se presenta la variable de semillas sin germinar, donde el resultado de la prueba de comparación de medias dio siete grupos estadísticos, teniendo en el primer grupo al testigo G25 (avena) con el mayor porcentaje de semilla sin germinar (27.66%) siendo este el de menor calidad, posiblemente las condiciones de este ciclo ocasionaron efectos negativos durante el desarrollo de la semilla, provocando que los componentes de calidad puedan afectarse y por ende dar semillas de baja calidad (Delouche , 1986)., seguidos los testigos G28 y G29 (trigo y triticale) en el grupo estadístico “B” con 18.3 y 22.5 %, en cambio el G26 (Cerro prieto) resultó con el menor valor de semillas sin germinar con 1.8 %.

Al realizar una prueba de comparación de medias entre genotipos para la variable LMP, se obtuvieron nueve grupos estadísticos (Cuadro 4.6), sobresaliendo en el grupo estadístico “A” 13 genotipos de cebada incluyendo a los testigos (Cerro prieto y GABYAN95), resaltando el comportamiento de los genotipos G3 y G6 con valores de 12.3 cm pl⁻¹; mientras que los testigos G29 y G25 (triticale y avena) obtuvieron respuestas de vigor más bajas con longitudes de 6.7 y 7.4 cm pl⁻¹.

Con respecto a la prueba de LMR, la prueba de comparación resultó con ocho grupos estadísticos como lo muestra el Cuadro 4.6, teniendo en el grupo “A” los testigos G26, G27 y G29 (Cerro prieto, GABYAN95 y triticale) con la mayor longitud de raíz con 13.8 y 14 cm pl⁻¹, seguidos en el grupo “B” a 15 genotipos, siendo G2, G3, G6, G9, G11 y el testigo G28, con valores de raíz por arriba de 12 cm pl⁻¹.

En cuanto a la variable PS, se obtuvieron ocho grupos de significancia, sobresaliendo en el grupo estadístico “A” los genotipos G4 y G9 con valores de 22.5 y 28.4 mg pl⁻¹ respectivamente, en cambio, 16 genotipos formaron el último grupo estadístico “H”, siendo triticale (G29) el de menor peso de plántula con 13.54 mg pl⁻¹ el tener esta diferencia en el vigor de la semilla entre los ciclos, posiblemente se

debió a una alteración durante el desarrollo de la semillas por las condiciones desfavorables de campo como lo menciona (Besnier,1989).

Interacción genotipo por ciclo de producción en la calidad fisiológica

En ciclos de producción, el porcentaje de PN fue similar ya que la mayoría de los genotipos registraron valores por arriba de 90%, como lo muestra la Figura 4.5, a excepción del genotipo G13 y los testigos (G25, G27, G28 y G29) tuvieron porcentajes por abajo del 80% en el ciclo 2017-2018. Sin embargo, es evidente el comportamiento diferencial de los genotipos en los ciclos de producción, que es lo que define una interacción.

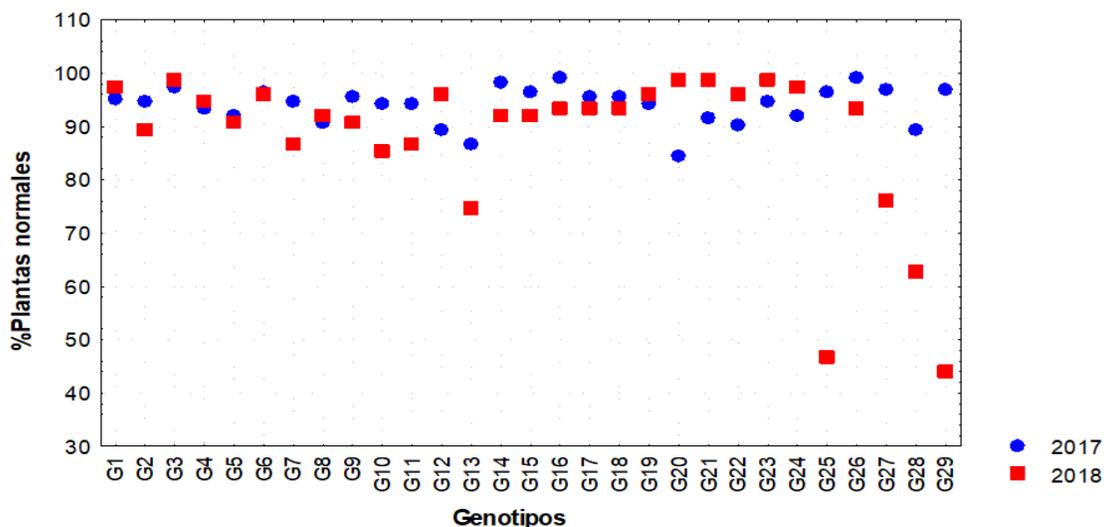


Figura 4. 5 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable plántulas normales

En la variable plántulas anormales se encontró que los genotipos G1, G6, G11, G12, G23 tuvieron valores similares en los dos ciclos de producción como lo muestra la Figura 4.6; cabe mencionar que en el ciclo de producción 2017-2018 el triticale G29 tuvo un porcentaje por arriba del 14% de plantas anormales lo que puede indicar que esto se debió a las cuestiones climáticas que se presentaron durante los dos ciclos de producción o posiblemente a la condición de latencia que pudiera haber presentado la semilla recién producida. Se aprecia en forma general que dicho ciclo productivo provocó las respuestas más diferentes en los genotipos provocando

altibajos, en tanto que en el ciclo 2016-17 los genotipos mostraron un comportamiento con bajo porcentaje de plántulas anormales.

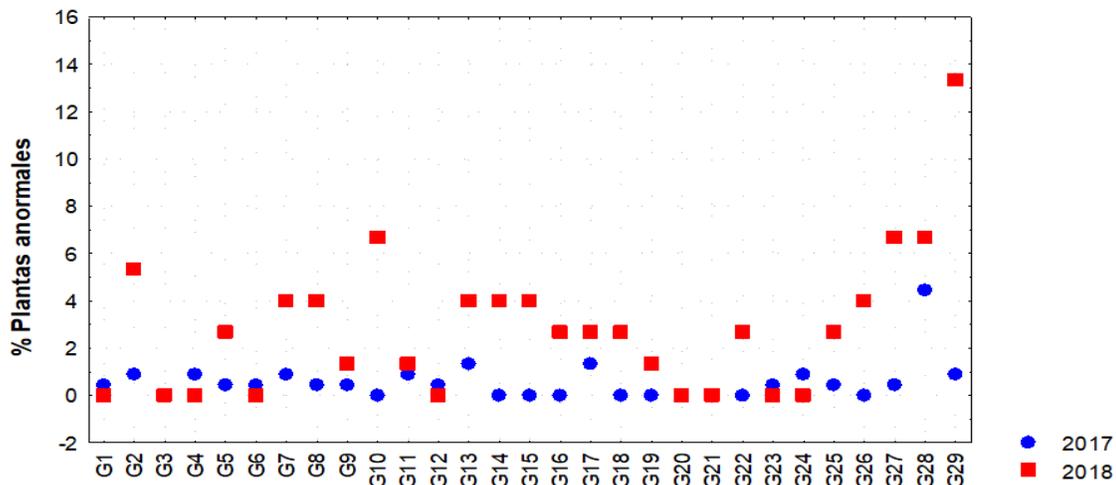


Figura 4. 6 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable plántulas anormales

En cuanto a la variable semillas sin germinar se encontró que el genotipo G13 y los testigos avena (G25), GABYAN95 (G27), trigo (G28), triticale (G29), presentaron los porcentajes más altos de semillas sin germinar (Figura 4.7), aportando así a la significancia detectada por el análisis de varianza; cabe mencionar que estos materiales presentaron valores más altos en cuanto a la variable plántulas anormales; y los valores más bajos en plantas anormales, por lo tanto esto nos confirma que la semilla de estos materiales posiblemente estuvieran en un estado de latencia, por lo cual no germinó y se pudiera pensar que la semilla estaba muerta y con baja calidad; sin embargo también las condiciones climáticas tuvieron algo que ver en la producción de la semilla en este ciclo 2017-2018.

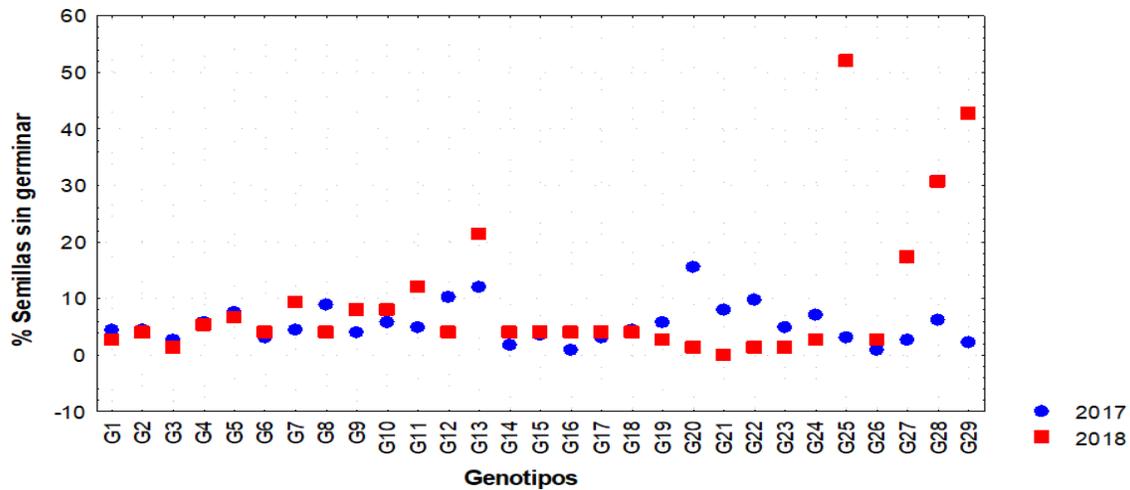


Figura 4. 7 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable semillas sin germinar

En cuanto a la variable longitud media de plúmula se encontró que los genotipos registraron un porcentaje similar en los dos ciclos de producción, la mayoría de ellos con un porcentaje mayor al 8 cm pl⁻¹, como se muestra en la Figura 4.8. Lo que indica que los materiales de cebada resultaron de alto vigor y que, al no existir una tendencia definida a través de los ciclos, se reflejó en la significancia detectada por el análisis de varianza en la fuente de variación genotipos por ciclo de producción.

En contraste, en el ciclo de producción 2017-2018 los testigos avena (G25), trigo (G28) y triticale (G29) tuvieron un porcentaje por debajo del 6 cm pl⁻¹ siendo estos los valores registrados más bajos, lo que muestra que estos materiales resultaron de bajo vigor acentuándose más en avena y trigo en ambos ciclos.

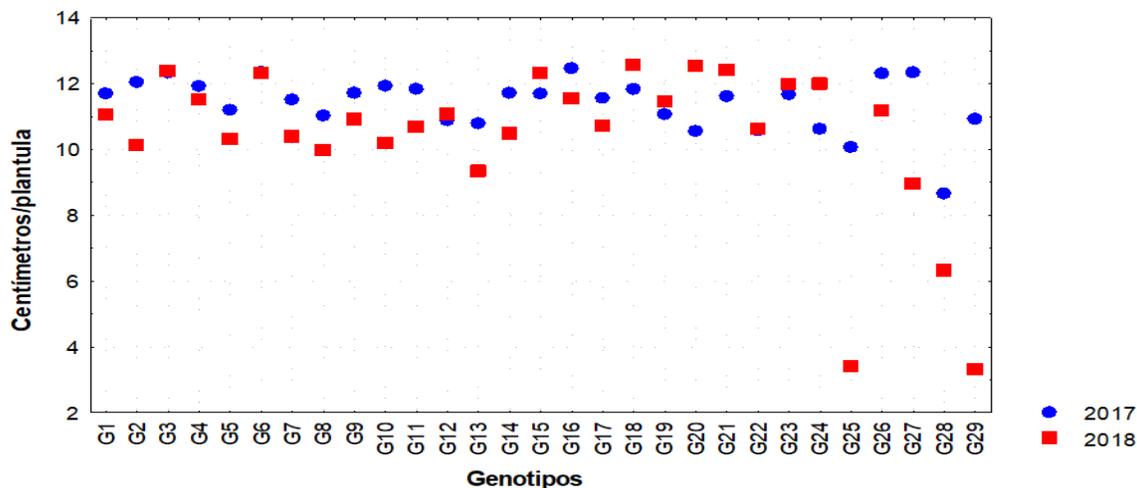


Figura 4. 8 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable longitud media de plúmula

De manera general en la Figura 4.9, muestra que el comportamiento de los genotipos de la variable de vigor de longitud media de radícula, que durante el ciclo de producción 2017-2018 fue mejor, registrando los valores más altos arriba de 13 cm pl⁻¹, a excepción de triticale (G29). En cuanto al ciclo 2016-2017, los genotipos de cebada obtuvieron valores por debajo de 12 cm pl⁻¹; mientras que los testigos resultaron con mayor vigor, pero no mayor a la longitud del siguiente ciclo.

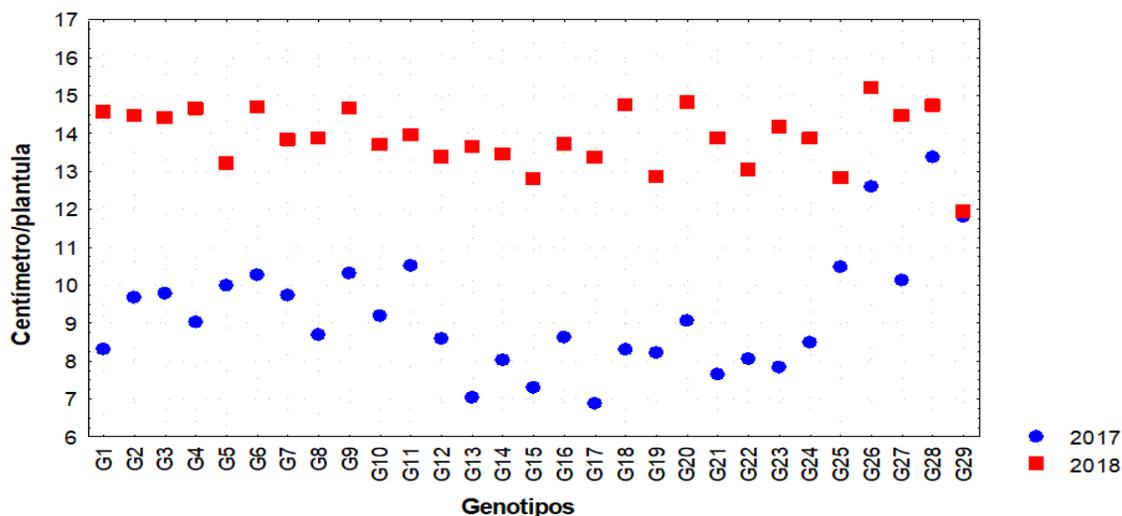


Figura 4. 9 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable longitud media de radícula

En la prueba de peso seco de plántula, sobresalieron los genotipos G4, G9, G10, G11, G17, G23, G24 y el testigo avena G25 en el ciclo de producción 2017-2018 todos ellos teniendo valores por arriba de 25 mg pl⁻¹, con mayor vigor que el resto de los genotipos estudiados, como lo muestra la Figura 4.10. Cabe señalar que los genotipos de cebada G1, G2, G3, G5, G6, G7, G8, G12, G16, G18, G19 Y GABYAN95, tuvieron una respuesta de vigor en esta variable similar en ambos ciclos de producción lo cual puede indicar que son de buena calidad, sin embargo, el comportamiento diferente del resto de genotipos a través de los ciclos de producción fue el responsable de la significancia detectada en esta interacción.

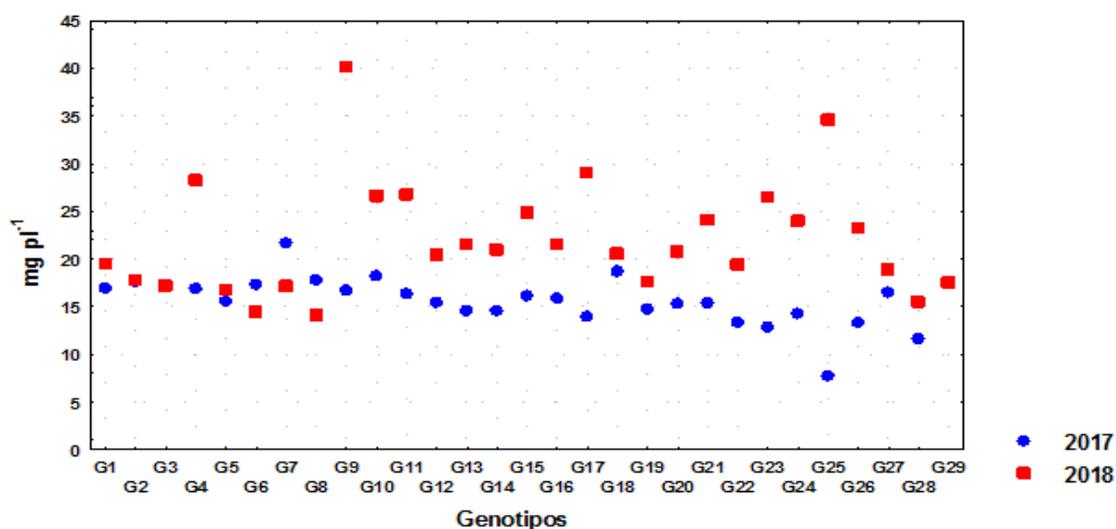


Figura 4. 10 Respuesta de la interacción genotipo por ciclo de producción en la variable peso seco

V. CONCLUSIONES

Una vez dados los resultados del estudio, se llegó a las conclusiones siguientes:

De los dos ciclos estudiados, el mejor el ciclo de producción de semilla fue 2017-2018, obteniendo los mayores rendimientos de semillas, destacando los nuevos genotipos de cebada forrajera imberbe G9, G11 y G22.

En cuanto a la calidad de semilla producida en ambos ciclos, se obtuvo la mayor calidad física en las variables contenido de humedad, peso volumétrico y peso de mil semillas también en el ciclo de producción 2017-2018, sobresaliendo los nuevos genotipos de cebada forrajera imberbe G9 y G22.

Mientras que en la calidad fisiológica en las variables plántulas normales, plántulas anormales, semillas sin germinar, longitud media de plúmula y peso seco en el ciclo de producción 2016-2017, sobresalieron los nuevos genotipos de cebada forrajera imberbe G9 y G16, así como la cebada comercial Cerro prieto (G26).

El G9 por los atributos mostrados en el presente estudio puede considerarse como deseable para producir semilla suficiente y de calidad.

La longitud media de radícula fue muy afectada por las condiciones de producción en los ciclos estudiados, por lo que se recomienda realizar más estudios al respecto.

VI. LITERATURA CITADA

- Association of Official Seed Analysis (AOSA). 1981. Rules for testing seeds. Journal of Seed Technology. 6 (2): 1-126.
- Arriaga, L.; Espinoza, J.M.; Aguilar, C.; Martínez, E.; Gómez, L. y Loa, E. 2000, Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México. 611 p.
- Altuntas, E. and M. Yildiz. 2007. Effect of moisture content on some physical and mechanical properties of faba bean (*Vicia faba* L.) grains. Journal of Food Engineering 78(1): 174-183.
- Alzugaray, C.; Carnevale, N.; Salinas, A. y Pioli, R 2007. Factores bióticos y abióticos que afectan la calidad de las semillas de *Schinopsis balansae* Engl. y *Aspidosperma quebracho-blanco* Schldl. [en línea]. Rev. Iberoam. Micol, vol. 24, p. 142-147. [Consultado: 20/12/2008].
- Amigone, M.A. 2004. Verdeos de invierno. El raigrás como alternativa. La Chacra. N° 879, p 18-20
Recuperado de: <<http://www.reviberoammicol.com/2007-24/142147.pdf>>.
- Besnier F. R. 1989. Semillas. Biología y tecnología. Libro Vol.32 (2a edición) Ed. Mundi-prensa. Madrid. p. 637,
- Berlijin, D.J. 1984. Trigo, Cebada, Avena. Manuales para la educación agropecuaria. Editorial trillas. México. 58 p
- Beltrán López, Catarina Loredo, Mauro Zamora 2011. Manejo integrado del cultivo de cebada en condiciones de temporal en San Luis Potosí p.9-10
- Boswell, V. R. y McKay, J. W 1984. Semilla. USDA. Editorial Continental, S. A. de C. V. Novena impresión. p. 19-47.
- Brouwer, C. and M. Heibloem. 1986. Irrigation water management: irrigation water needs. Training Manual No. 3, FAO-Rome, Italy. 89 p
- Castañeda-Saucedo, María Claudia, López-Castañeda, Cándido, Colinas-De León, María Teresa B, Molina Moreno, Juan C, y Hernández-Livera, Adrián. 2009. Rendimiento y calidad de la semilla de cebada y trigo en campo e invernadero. *Interciencia*, 34(4), 286-292.
- Centro de Investigación Económica y Presupuestaria. 2011. Posición de los Principales Cereales en México.
Recuperado de: <https://ciep.mx/posicion-de-los-principales-cereales-en-mexico-2000-2011/>

- Copeland, L. O. and M. B. McDonald. 1985 Principles of seed science and technology. 2a ed. Burgess Publishing Co. Minneapolis, Minnesota. 321 p. USA.
- Dursun, I. and E. Dursun. 2005. Some physical properties of caper seed. *Biosystems Engineering* 92(2): 237–245.
- Delouche J. C 1986. Physiological seed quality. Short course for seedsmen, Mississippi State University. 27. 55-59.
- Enciso, J., D. Porter, G. Fipps, and P. Colaizzi. 2004. Irrigation of forage crops. B-6150 AgriLife Extension-Texas A&M System. 8 p.
- Espinoza Pozo, M 2003. Plan estratégico de investigación y transferencia de tecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. *Cadena Agroalimentaria de Trigo etapa II: Identificación de demandas tecnológicas de la Cadena Agroalimentaria de trigo*. Tecnológico de Monterrey Campus Querétaro-Fundación Guanajuato Produce A. C.
- FAO, 2009, La agricultura mundial en la perspectiva del año 2050, en *Cómo alimentar al mundo en 2050*, Secretaría del Foro de Alto Nivel de Expertos, Italia, Roma, pp. 4
- FAO, 2011. *Perspectivas Alimentarias, Análisis de los mercados mundiales. Resumen del mercado de cereales*. pp1.
- Fernandez.J.A.1985 Propagación vegetativa y germinativa de *Drimys winteri* Vol. 14, N.º 2 - Revista p.82
- Garnayak, D.K., R.C. Pradhan, S.N. Naik, y N. Bhatnagar. 2008. Moisture-dependent physical properties of jatropha seed (*Jatropha curcas* L.). *Industrial Crops and Products* 27(1): 123–129.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1988. Propagación de Plantas. México D.F. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. 760 pp. Kemp, 1975
- Humphreys, L.R.1979. Site selection for seed production. In: *Tropical pasture seed production* FAO. Rome. p.14
- Hopkinson, J.M. & Reid, R. 1979. La importancia del clima en la producción de semillas de leguminosas forrajeras tropicales. En: *Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos*. Eds. L.E. Tergas y P.A. Sánchez. CIAT. Cali. Colombia. p. 365

- International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International rules for seed testing. *The International Seed Testing Association*, Zürichstr. 50 CH-8303 Bassersdorf, Switzerland. ISBN-13 978-3-906549-53-8.
- International seed Testing Association (ISTA).1996. International Rules For seed Testing. Rules 1996. Seed Sci. Technol. 13(2): 299-355. Tesis Componente Fisiológico pp.9.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
Recuperado de:
<http://www.inifapcirne.gob.mx/Biblioteca/Publicaciones/880.pdf>
- INEGI. Según Wold Reference Base for Soil Resources (WRB, 1998), <https://www.inegi.org.mx/temas/edafologia/>. 2000. Consultada por Internet el 20 julio del 2019.
- Karababa, E. 2006. Physical properties of popcorn kernels. *Journal of Food Engineering* 72(1):100– 107.
- Marsans G J 1987 Manejo y Conservación de Granos. Ed. Hemisferio Sur. Argentina. 266 p.
- Maqueira, L. A.; Torres, W. y Miranda, A. 2009. Crecimiento y rendimiento de dos variedades de arroz de ciclo corto en época poco lluviosa. *Cultivos Tropicales*, , vol. 30, no. 3, p. 28-31
- NORMA Oficial Mexicana NOM-247-SSA1-2009, 5.2.2.3 Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas Diario Oficial de la Federación.
Recuperado de: <http://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC088981/>
- Oplinger,, E.S., T.S. Maloney, and D.W. Wiersma. 1997. Fall and spring forage yield and quality from fall seeded cereal crops. *Soybeans and small grains* 26. University of Wisconsin. 7p. http://www.uwex.edu/ces/crops/uwforage/fall_and_spring_forage_yield_and_quality%20%20%20.pdf. (Consultado el 4/11/2011)
- Perry, D. A. 1977. A Vigour test for seed of barley (*Hordeum vulgare* L.) based on measurement of plumule growth. *Seed Science and Technology* 5 (4): 709- 719.
- Popinigis, F. 1985. Fisiología da semillas. 2a. ed. *Revista cubana de ciencia agricola Brasil*. 269 p.
- SAS Institute Inc. 2009. Base SAS® 9.1.3 Procedures Guide. Second Edition, Vol. 4. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 398 p.

- Santoyo, C. E y Quiroz M. J. 2010. Guía para el cultivo de cereales en el Estado de México. Instituto de Investigación y capacitación agropecuaria, acuícola y forestal del Estado de México, 2. 22 p.
- Valenzuela P., A.; Martínez B., A.; Medina V., A. s.f. 2016. Producción de Semilla de Trigo en el Valle de Mexicali y San Luis R. C., SON. México. 31 p. Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas de 2016. México. 17 p.
- Poulsen, K. M. s.f. Análisis de
- Steel, R.G.D. y Torrie, J.H. 1986. Principles and procedures of Statistics: A Biometrical Approach (2nd Ed.). McGraw-Hill, New York. 629p.
- Shekaramúrthy S, K L Paktar, S A Shetty, H S Prakash, H. S Shetty 1994 Effect of thiram treatment on sorghum seed quality in relation to accelerated ageing. Seed Sci. Technol. 22:607–617.
- Thomson J.R.1979. An introduction to seed technology. Thomson Litho Ltd. Great Britain. p. 1-15.
- Vieselov, E.A. 1965. El Darwinismo. Edt. Universitaria. La Habana p. 50
- Zar J.H. 1996. Statistical analysis. 3rd° Ed. Prentice-Hall. Inc. Upper Saddle River. New Jersey. 662 pp.