

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Calidad Fisiológica de Semilla de Cebada Comparada con Otras Especies de Cereales de Grano Pequeño Producida en Zaragoza, Coahuila

Por:

**MARCO POLO BARRAZA MARTÍN**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México  
Febrero 2019

AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIVERSIDAD

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Calidad Fisiológica de Semilla de Cebada Comparada con Otras Especies de  
Cereales de Grano Pequeño Producida en Zaragoza, Coahuila

Por:

**MARCO POLO BARRAZA MARTÍN**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

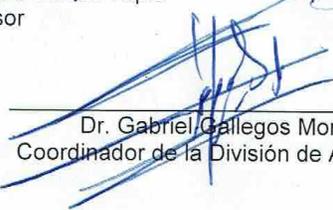
**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
M.C. Modesto Colín Rico  
Asesor Principal

  
M.P. María Alejandra Torres Tapia  
Coasesor

  
Dr. Víctor Manuel Zamora Villa  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México  
Febrero 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

**A Dios.** Por haberme dado la oportunidad de vivir, por darme a los mejores padres y los mejores hermanos, por darme salud y fuerzas para afrontar cada obstáculo que he tenido.

**A la virgen de Guadalupe.** Por no dejarme solo durante todo este tiempo que estuve fuera de casa y llenarme de bendiciones.

**A mi Alma Mater.** Estoy eternamente agradecido por haberme dado la oportunidad de ser parte de ella y así hacer realidad este gran sueño de ser un profesionalista, así como también le doy gracias por haberme dado un techo y alimento durante toda mi carrera, gracias porque viví tantos momentos inolvidables dentro de ella, gracias por todo. ESTOY TAN ORGULLOSO DE SER UN BUITRE DE LA NARRO.

**A la MP. María Alejandra Torres Tapia.** Por darme la oportunidad de realizar este trabajo con ella, por la dedicación y orientación que me dió durante este tiempo, por la confianza que deposito en mi para llegar con éxito a la culminación del trabajo.

**Al DR. Víctor Manuel Zamora Villa.** Por el apoyo brindado en el área estadística, así como la dedicación que me dió al revisar este trabajo.

**Al MC. Modesto Colin Rico.** Por el apoyo brindado durante la realización de este trabajo y por el tiempo que dedicó a la revisión del mismo.

**A la TLQ Martha Alicia Jaramillo Sánchez.** Por todo el apoyo en la realización del trabajo, así como su amistad brindada.

A mis amigos **Pedro Omar, Francisco, Pineda, Adán, Yaneth, Jorge** por su gran amistad y por haberme acompañado en este trayecto de universidad en especial a **Oscar Alejandro** por haberme apoyado en la realización de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres.**

Juan José Barraza Trejo y Paulina Martín Álvarez por haberme dado la vida, quienes me han heredado el tesoro más valioso que puede dársele a un hijo, quienes, sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme y educarme, quienes la ilusión de su vida ha sido convertirme en una persona de provecho. Por lo que soy y por todo el tiempo que les robé pensando en mí, gracias, quiero que sepan que le doy gracias a Dios por haberme dado a los mejores padres y también quiero que sientan que el logro mío, es logro de ustedes, que mi esfuerzo es inspirado en ustedes, los amo.

### **A mis hermanos.**

José Carlos Barraza Martín y Valeria Barraza Martín, por todo su cariño y afecto que me han dado y por ser el motor que me impulsó a poder culminar esta etapa de mi vida.

### **A mis abuelos**

Apolinar Barraza Santos por haberme enseñado desde pequeño a ser humilde, trabajar duro, amar el campo y amar lo que hacemos, papa Polo sigo tus pasos.

J Félix Martín Martín por haberme enseñado a ser fuerte y no rendirme ante nada.

¡A toda mi familia que creyó en mí!

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>Objetivo</b> .....	2
<b>Hipótesis</b> .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
<b>Producción del cultivo de cebada</b> .....	3
<b>Comercialización y abastecimiento de variedades</b> .....	4
<b>Varietades forrajeras en últimos tiempos</b> .....	5
<b>Calidad de semilla</b> .....	6
<b>Calificación de Semillas</b> .....	7
<b>Calidad forrajera</b> .....	8
<b>Producción forrajera de cebada en comparación con otros cereales de invierno</b> .....	10
<b>Factores que afectan a la calidad de un forraje</b> .....	11
<b>Materiales genéticos con características stay-green</b> .....	12
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	14
<b>Ubicación del experimento</b> .....	14
<b>Material Genético</b> .....	14
<b>Establecimiento y producción de semilla</b> .....	15

<b>Variables evaluadas</b> .....	16
<b>Diseño Experimental</b> .....	18
<b>Análisis estadístico</b> .....	18
<b>IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	20
<b>Correlaciones entre las variables</b> .....	35
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	38
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	39
<b>APÉNDICE</b> .....	43

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Descripción</b>	<b>Pagina</b>
<b>3.1</b>	Identificación de los materiales genéticos estudiados.....	<b>15</b>
<b>4.1</b>	Cuadrados medios y nivel de significancia de los cincuenta genotipos estudiados en la prueba de capacidad de germinación..	<b>20</b>
<b>4.2</b>	Cuadrados medios y nivel de significancia de los cincuenta genotipos estudiados en las pruebas de vigor.....	<b>24</b>
<b>4.3</b>	Cuadrados medios y nivel de significancia de los cincuenta genotipos estudiados en la prueba de capacidad de germinación después del envejecimiento acelerado.....	<b>29</b>
<b>4.4</b>	Cuadrados medios y nivel de significancia de los cincuenta genotipos estudiados después del envejecimiento acelerado.....	<b>32</b>
<b>4.5</b>	Respuesta del análisis de correlaciones entre variables de los genotipos estudiados.....	<b>36</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Descripción</b>	<b>Página</b>
<b>4.1</b>	Respuesta del Porcentaje de plántulas normales en la prueba de capacidad de germinación de los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.....	<b>21</b>
<b>4.2</b>	Respuesta del Porcentaje de plántulas anormales en la prueba de capacidad de germinación de los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.....	<b>23</b>
<b>4.3</b>	Respuesta del Porcentaje de semillas sin germinar en la prueba de capacidad de germinación de los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.....	<b>23</b>
<b>4.4</b>	Respuesta del Porcentaje de vigor a un primer conteo de los genotipos estudiados.....	<b>25</b>
<b>4.5</b>	Respuesta de vigor mediante longitud media de plúmula de los genotipos estudiados. ....	<b>26</b>
<b>4.6</b>	Respuesta de vigor mediante longitud media de radícula de los genotipos estudiados.....	<b>27</b>
<b>4.7</b>	Respuesta de vigor mediante la tasa de crecimiento de plántula (peso seco) en los genotipos estudiados.....	<b>28</b>
<b>4.8</b>	Respuesta del Porcentaje de plántulas normales después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.....	<b>30</b>
<b>4.9</b>	Respuesta del Porcentaje de plántulas anormales después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.....	<b>31</b>
<b>4.10</b>	Respuesta del Porcentaje de semillas sin germinar después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.....	<b>31</b>
<b>4.11</b>	Respuesta del Porcentaje de longitud media de plúmula después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.....	<b>33</b>
<b>4.12</b>	Respuesta del Porcentaje de longitud media de radícula después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.....	<b>34</b>
<b>4.13</b>	Respuesta del Porcentaje de peso seco después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.....	<b>35</b>

## RESUMEN

Existe poca disponibilidad de variedades comerciales en la producción de cebada para grano y forraje llamados de doble propósito, sobre todo en ofrecer semilla de calidad y aportación de nutrientes en forraje. Una de las opciones para contribuir en el mercado agronómico, es contar con diversidad de materiales genéticos; el Programa de cereales de la UAAAN, ha generado líneas derivadas de la variedad GABYAN95 (con características sobresalientes stay-green, alto rendimiento y calidad de semilla); de ello, se evaluó la calidad fisiológica de semilla de 45 nuevas líneas de estas producidas en Zaragoza, Coahuila; con la finalidad de tener información relevante y seleccionar las mejores; utilizando como testigos a la variedad Cerro prieto y GABYAN95, un Trigo Línea AN-266-99; una Avena var. Cuauhtémoc y un Triticale var. Eronga-83. Llevándose a cabo la producción en el ciclo otoño-invierno (2016-2017), en Zaragoza, Coah., una vez cosechada la semilla, se evaluó la calidad fisiológica, en tres repeticiones por línea, mediante pruebas de germinación y vigor (Porcentaje de Plántulas Normales (PN), Plántulas Anormales (PA) y Semillas Sin Germinar (SSG), y de vigor con las pruebas de Primer Conteo (PC), Longitud Media de Plúmula y Radícula (LMP y LMR) y Tasa de crecimiento de plántula (PS)). Así mismo, se evaluó la calidad fisiológica después de un Envejecimiento Acelerado (EA). Los datos se analizaron con un diseño experimental completamente al azar, además de realizar una prueba de comparación de medias y correlaciones entre variables. Los resultados indicaron que los genotipos 1, 6, 7, 10, 31, 37, 38, 44 sobresalieron por presentar porcentajes de PN altos, aún después del EA; mostrando además un comportamiento similar a los testigos Avena (var. Cuauhtémoc), Cerro Prieto, Trigo-AN-366-99 y Triticale (var. Eronga-83). Mientras que en las pruebas de vigor en LMP, LMR y PS antes y después del EA, se encontraron los genotipos 9, 4, 24, 19, 45, 6, 10, 37, con valores superiores a GABYAN95, por lo que tienen posibilidad para usarse como progenitores para calidad de semilla o registrarse como nuevas variedades.

## I. INTRODUCCIÓN

Las especies consideradas como cereales de grano pequeño son gramíneas anuales autógamias, como trigo, triticale, avena y cebada, son cultivadas para alimentación humana, o como forraje y en la producción de concentrados para animales. Aunque la producción de cebada, tradicionalmente se canaliza a la elaboración de cerveza, a lo largo de los años, se ha tenido la alternativa de emplear variedades forrajeras útiles para pastar, cortarse y almacenarse en silos o para cosechar, tanto en grano como en verde para forraje, específicamente en alimentación de ganado vacuno, porcinos y en la avicultura. Los estados de Hidalgo, Sonora, Jalisco, Guanajuato, Michoacán, Coahuila y Querétaro sobresalen en la producción de cebada en la modalidad de riego y temporal; en el informe de SAGARPA en 2009 (Deloya, 2007), indicaron que el 25.1% de la producción de cebada nacional estaba destinada a la industria y tan solo el 1.16% al consumo pecuario, llegando a tener un aumento hasta de 33.4% de producción en el 2016, como materia prima para la elaboración de cerveza (Comunicado de prensa de SAGARPA, 2017), sin mencionar los porcentajes en forraje; en el Bajío por ejemplo, existe muy poco volumen que sea del tipo destinado para la alimentación del ganado; por el contrario, cebada que originalmente fue sembrada para la producción de malta, y debido a que no reúne los requisitos mínimos establecidos por las comercializadoras de éste grano, es que se destinan para otros usos (Espinoza, 2003). Las variedades de cebada para forraje tienen un menor precio son muy pocas en el mercado; y su producción y rendimiento son mayores. Además, el agricultor puede comercializar cuando su producto alcance el mejor precio, ya sea en grano o como alimento para ganado (Colín *et al.*, 2007 y 2009); en Coahuila en el 2009, se sembraron 940 hectáreas, con 21,643 toneladas de producción de cebada forrajera en verde quedando en el 5º lugar en producción (SIAP-SAGARPA, 2012).

Una de las situaciones que se están viviendo en la producción de cebada para grano y forraje, en el Noreste de México, es poca disponibilidad de materiales comerciales, que cumplan las necesidades de los productores, además de ofrecer semilla de baja calidad y/o que presentan baja calidad de nutrientes en los forrajes. A lo largo de los últimos cinco años, el Programa de cereales de grano pequeño de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ha generado nuevas líneas derivadas de la variedad GABYAN95, la cual presenta características de stay green (característica de suma importancia, por mantener el follaje casi siempre verde (Thomas y Howarth, 2000), con muy buenos rendimientos y calidad en la semilla; además de ser una de las metas del Programa, el contribuir en el mercado agronómico con mayor diversidad de materiales genéticos con doble propósito por la característica de stay- green, servirá para la alimentación para el ganado así como la producción de grano para la industria alimenticia.

### **Objetivo**

Evaluar la calidad fisiológica de semilla de 45 nuevas líneas de cebada forrajera y compararlas con dos variedades de cebadas Cerro prieto y GABYAN95, un Trigo (Línea AN-266); una Avena (var. Cuauhtémoc) y el Triticale var. Eronga-83, producidos en Zaragoza, Coahuila.

### **Hipótesis**

Al menos uno de los genotipos de cereales de grano pequeño estudiados tiene una respuesta de calidad fisiológica mayor que el resto, así como, una de las nuevas líneas de cebada forrajera presenta una calidad fisiológica superior a los testigos evaluados y puede ser seleccionado como un material genético con posibilidades de registro.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **Producción del cultivo de cebada**

#### **Nivel mundial**

Durante el período 2015-2016 el comercio mundial de cebada logró un volumen aproximado de 24 millones de toneladas. En la serie histórica, si bien los volúmenes totales de cebada comercializada muestran fluctuaciones interanuales, se observa un crecimiento sostenido. En relación al uso, del total de cebada comercializada, en el entorno de un 80 % corresponde a cebada con destino forrajero. Por otra parte, en términos de volumen físico la cebada cervecera comercializada en la serie histórica registra una tendencia estable. En el período 2015/2016 en el mundo se produjeron algo más de 138 millones de toneladas de cebada. Los mayores productores de este cereal son la Unión Europea, Rusia, Australia, Canadá, Turquía, Ucrania, Estados Unidos de América y Argentina (Donato y Loza, 2017).

#### **Nivel nacional**

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) informó que, durante 2016, la producción de cebada materia prima para la elaboración de la cerveza aumentó en 33.4 por ciento, en relación con lo obtenido en el año previo, reflejo de una mayor productividad en el campo. Al cierre preliminar del año pasado, se precisó que la producción de este cultivo alcanzó las 965 mil 332 toneladas, lo que representa un volumen adicional de 241 mil 953 toneladas. De acuerdo con el reporte de avance de siembras y cosechas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), la SAGARPA precisó que de 2013 a 2016 se registró un incremento en la producción de cebada en 67.2 por ciento. Lo anterior refleja un promedio de producción de 773 mil 940 toneladas, con una tasa media anual de crecimiento de 13.7 por ciento (SAGARPA, 2016).

La cebada se produce en 16 entidades del país, las cinco principales son Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Estado de México, que en conjunto aportan 859 mil toneladas, es decir el 89 por ciento del volumen nacional. Guanajuato produce 372 mil 167 toneladas; Hidalgo, 268 mil 595 toneladas; Tlaxcala, 83 mil 469; Puebla, 68 mil 508 toneladas, y el Estado de México, 66 mil 393 toneladas. A nivel entidad, los crecimientos más importantes registrados en 2016 corresponden a Nuevo León, 334 por ciento; San Luis Potosí, 184.3 por ciento; Durango, 157.2 por ciento; Michoacán, 104.5 por ciento; Querétaro, 80.5 por ciento, y Guanajuato, 77.2 por ciento. La producción creció en Oaxaca, 35.4 por ciento; Hidalgo, 26.3 por ciento; Estado de México, 20.6 por ciento; Jalisco, 19.1 por ciento, y Puebla, 16.6 por ciento, entre otros.

### **Comercialización y abastecimiento de variedades**

Con base en el uso final de la cebada, es importante destacar que existen básicamente dos tipos de cebada, la que se destina para alimentación de animales y aquella que es empleada para la producción de malta, por lo que el productor primario deberá decidir, 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, los que, a su vez, 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 consisten en que el grano presente buenas 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. Estas exigencias son fundamentales para que el productor de malta pueda obtener el máximo rendimiento de extracto de

malta por tonelada de cebada, materia prima en la elaboración de cerveza, principalmente.

El uso de las variedades recomendadas les 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, existe 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).

En cuanto a variedades existentes en México, podemos hacer mención de manera cronológica que en la década de los 60"s se desarrollaron variedades malteras como: Toluca, Promesa, Porvenir, Apizaco y Apan (6 hileras); para la década de los 70"s se liberaron: Zoapila, Celaya, Puebla, Cerro Prieto, Centinela, y Tlaxcala (6 hileras); y en los 80"s las variedades: Guanajuato (2 hileras) y Esperanza (6 hileras), en los 90"s IASA liberó Gabyota, ambas de 2 hileras. Adabella fue liberada en 2004, esta variedad está adaptada a condiciones de temporal en los Valles Altos (Altiplano), es tolerante a la roya lineal y de la hoja. Alina y Armida fueron comercialmente liberadas en 2006 para Bajío (riego), (Zeferino, 2012).

### **Variedades forrajeras en últimos tiempos**

El Catálogo Nacional de Variedades Vegetales en su informe de 2018 da a conocer 20 nuevas variedades de cebada; ADABELLA, ALICIAN221, ALINA, ARMIDA, BRENNUS, CAPUCHONA, CENTINELA, CERRO PRIETO, CUCAPAH87, DOÑA JOSEFA M08, ESMERALDA, ESPERANZA, EXPLORER, GABYAN95, GABYOTA, GUANAJUATO, MARAVILLA, NEZTLI, PRUNELLA, TRAVELER, de las cuales destacan como cebadas forrajeras GABYAN95 y ALICIAN221 liberadas por la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

## **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, 1985). Por otro lado, Thomson, (1979) menciona 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. Por su parte Popinigis, (1985) define a la calidad de la semilla como la sumatoria de los atributos genético, sanitario, físico y fisiológico.

### **Calidad Física**

Medida de la pureza física de la semilla, 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 (DOF, 2007).

### **Calidad Fitosanitaria**

Medida de la sanidad de la semilla que evalúa y determina la presencia o ausencia de organismos patógenos en el lote de semilla (DOF, 2007).

### **Calidad Genética**

Medida de la identidad genética de la semilla, se expresa como el porcentaje de semillas viables que se identifican con respecto a los caracteres pertinentes de la variedad vegetal (DOF, 2007).

## **Calificación de Semillas**

Procedimiento por el cual se verifican, conforme a las Reglas que para tal efecto emite la Secretaría, las características de calidad de las semillas en sus diferentes categorías (DOF, 2007).

### **Caracteres pertinentes**

Expresiones fenotípicas y genotípicas propias de la variedad vegetal que permiten su identificación (DOF, 2007).

### **Calidad Fisiológica**

Medida de la capacidad de la semilla para producir material de propagación fisiológicamente viable, se expresa como el porcentaje de semilla fisiológicamente viable, con respecto al total de la muestra de un lote (DOF, 2007).

### **Viabilidad de la semilla**

La viabilidad significa que una semilla es capaz de germinar y producir una plántula normal, por lo tanto, se utiliza sinónimamente como la capacidad para germinar. En este sentido una semilla es viable o no viable dependiendo de su capacidad para germinar y producir una plántula normal. En otro contexto la viabilidad es probablemente más alta en madurez fisiológica, después de esto la viabilidad de las semillas disminuye gradualmente.

### **Germinación de la semilla**

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).

### **Vigor de la semilla**

La Asociación Internacional de Análisis de Semillas (ISTA) han definido el vigor como la suma total de aquellas propiedades de la semilla que determinan el nivel potencial de su actividad y del comportamiento de la semilla o de lote de semilla durante la germinación y de la emergencia en plántula (Perry, 1977).

### **Longitud de plúmula**

En cebada se señala que la longitud de plúmula inicial es asociada positivamente con la emergencia en campo y su rendimiento de la semilla resultante (Perry, 1977). En triticale, se reportan que plúmulas producidas con mayor peso fueron significativamente más largas que aquellas derivadas de semillas menos pesadas. (Nebreda y Parodi, 1977). Por su parte McDaniel, (1969), menciona que el efecto del tamaño de la semilla sobre el vigor de las plántulas de cebada puede ser muy marcado, a si de un grano pesado se desarrollara una plántula con mayor vigor comparada contra aquella proveniente de semillas livianas.

### **Calidad forrajera**

La calidad forrajera ha sido definida en muchas formas, pero usualmente en relación a la respuesta del animal a una ración alimenticia y su conversión a aumento de peso, producción de leche o lana. Otros medios asociados con la respuesta del animal que también da una idea de la calidad forrajera son palatabilidad, composición nutritiva y digestibilidad, energía total y producto rumiante final. La calidad del forraje ha sido estimada de plantas con atributos como proporción de hojas con respecto a tallos y estados de madurez de la planta (Lucas, 1963).

Di Marco (2012), menciona que se considera que un forraje tiene alta calidad cuando tiene aproximadamente 70% de digestibilidad in Vitro de la materia seca (DIVMS),

menos de 50% de fibra detergente neutra (FDN) y más de 15% de proteína bruta (PB). Por lo contrario, en uno de baja calidad la DIVMS disminuye a menos del 50%, la FDN sube a más del 65% y la PB baja a menos del 8%. El uso más común de la DIVMS es para estimar el contenido de energía metabolizable (EM) del alimento.

### **Cebada forrajera**

Las cebadas forrajeras son variedades específicamente desarrolladas para forraje utilizado en la alimentación del ganado. Mientras que algunas cebadas pueden ser utilizadas para alimentar ganado, las forrajeras producen más altos rendimientos de biomasa que las alimenticias convencionales. Las cebadas forrajeras proveen también más energía por tonelada de materia seca de toda la planta lo que las hace de mayor calidad y una fuente forrajera mas costeable que las convencionales (Forage Barleys for Manitoba, 2006)

Poehlman (1981), menciona que las cebadas que se utilizan para alimentación del ganado deben ser de alta productividad, por lo que se busca:

- Elevado ahijamiento
- Elevado número de granos por espigas
- Alto peso hectolítrico
- Resistencia al acame
- Resistencia al desgrane
- Resistencia a enfermedades
- Elevado contenido de proteínas

El valor nutritivo del forraje va disminuyendo conforma avanza la edad, pero si la cebada se henifica antes de espigar, tendrá mucho mayor porcentaje de proteínas que si se henifica cuando ha madurado el grano.

Colín *et al.* (2007), en una evaluación de 36 líneas imberbes de cebada (*Hordeum vulgare*) y dos testigos comerciales (Cebada variedad Cerro prieto y triticales variedad Eronga-83), en Torreón Coahuila, Navidad N.L y Celaya Guanajuato. Durante el ciclo

0-1-02-03 para estudiar su comportamiento en producción de forraje seco, altura de planta, peso seco de las hojas, tallos y espigas, etapa fenológica al corte y las relaciones entre variedades, concluyeron que las cebadas imberbes, por su alto rendimiento forrajero y proporción de hojas y espigas en el mismo, son alternativa real para contribuir el abasto de forraje durante el periodo invernal de áreas como La Laguna, el Bajío Mexicano y otras de condiciones similares. Los autores citan que lo anterior se sustenta plenamente por el hecho de que en promedio de los cuatro ambientes, las nuevas líneas produjeron entre 100 y 112 kg de forraje seco/ha/día, destacando los genotipos BV-1985, BV-1943 Y BV-1986 con 12.26, 12.17 y 12.13 t ha respectivamente.

### **Producción forrajera de cebada en comparación con otros cereales de invierno**

García y Ayala (1981), al trabajar sobre potencial forrajero en avenas, cebadas y triticales en tres localidades de Zacatecas bajo condiciones de temporal, encontraron que la variedad de Cebada Apizaco y la de Triticale Cananea – 79 tuvieron la mayor eficiencia de producción de materia seca por milímetros de precipitación pluvial, con un rendimiento de 3 – 4.5 t/ha con una precipitación durante el ciclo de 391 mm.

Poland *et al.* (2004), evaluaron por dos años en Dakota del Norte el efecto de especies forrajeras (avena y cebada) y en cebada el tipo varietal (forrajeras o de grano) sobre el rendimiento y calidad forrajera. Diez variedades en 2002 (5 avenas, 3 cebadas forrajeras y dos de grano) y doce en el 2003 (6 avenas, 2 cebadas forrajeras y 4 de grano). En el año 2002 el porcentaje de proteína cruda PC (13.5 y 12.0 %) fue significativamente superior en las cebadas de grano respecto a las forrajeras ( $P=0.02$ ) pero las concentraciones de FDA, FDN, TND, digestibilidad *in vitro* de la materia seca (IVDMD) y rendimiento de materia seca (MS), proteína cruda (PC) e INVDMD no difirieron entre tipos de cebada ( $P > 0.05$ ). Las concentraciones de PC, IVDMD y los rendimientos de MS, PC e IVDMD fueron mayores en cebada que en avena.

En el año 2003, el tipo de forraje no afectó el rendimiento ni los parámetros de calidad. Las concentraciones de FDA, FDN Y TND se redujeron, en tanto que en la IVDMD se incrementó en cebada en comparación con avena. En ambos años la proporción de IVDMD y TND no difirió entre tipo de forraje, pero fue mayor en cebada que en avena. Los autores mencionan que la información obtenida sugiere que las cebadas forrajeras no son superiores a las de grano en producción de forraje; sin embargo, la cebada forrajera es de calidad superior y puede producir tanto y más forraje que la avena en las Planicies del Norte.

### **Factores que afectan a la calidad de un forraje**

Prácticamente todo puede afectar la calidad del forraje de una u otra forma. La humedad y fertilidad del suelo son importantes mientras el forraje está creciendo. Generalmente, cuando mejores son las condiciones de crecimiento, más alta es la calidad del forraje. Con buenas condiciones de crecimiento, el factor más importante en afectar la calidad, es la etapa en la cual se encuentre el cultivo a la cosecha. El forraje más maduro es menos nutritivo, las plantas más viejas generalmente tienen menor proporción de hojas y alta proporción de tallos (fibras altamente indigestibles), los tallos jóvenes, hojas y flores tiernas, proveen la mayor calidad del forraje. Los productores y usuarios de forraje reconocen que la calidad no se mejora después de la cosecha; el proceso de cosecha puede sin embargo reducir la calidad del forraje, por ejemplo, la pérdida de hojas a causa de la lluvia o por excesivo rastrillado en el manejo, disminuye la calidad; empacar el heno muy húmedo, puede causar exceso de calentamiento y favorecer el desarrollo de mohos.

La calidad del forraje puede también reducirse durante el almacenamiento, heno sin cubrir almacenamiento a la intemperie pierde nutrientes por la acción de la lixiviación causada por la lluvia; cuando el heno viene húmedo (por lluvia o por la absorción de humedad del suelo) puede echarse a perder aun cuando haya estado adecuadamente seco al ser empacado (<http://www.osuextra.com>)

Se consideran dos tipos de forraje y partiendo de ellos se toma en cuenta el tipo de cultivo y el momento óptimo de cosecha de cada uno. El primero tipo son los forrajes henificados en donde se encuentran las leguminosas, su momento óptimo de recolección es cuando se cuenta con un 10% de floración, las hierbas se cosechan cuando el encañado es de 20-30 cm, las mezclas son según el estado de las leguminosas presentes, el segundo tipo son los forrajes ensilados dentro de ellos se encuentra el maíz el cual el momento óptimo es cuando el grano se encuentre en estado pastoso con un 60-70 % de humedad, la cebada y el centeno se cosechan al inicio de la floración.

En los forrajes que admiten varios cortes o cosechas por temporada, deberemos tener en cuenta que, a partir del segundo rebrote, cuanto más tiempo transcurre entre los cortes más aumenta el contenido en material lignificado y menor es su calidad, siendo aconsejable no superar las 4-6 semanas entre cortes sucesivos. Los diferentes métodos de conservación de forrajes por muy bien que se lleven a cabo, suponen pérdidas de materia seca, que son asumibles siempre y cuando la técnica de conservación se aplique de forma correcta. En cualquier caso, hay que intentar minimizar dichas pérdidas de valor nutritivo. (<http://www.perulactea.com/2014/12/05/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-los-forrajes/>)

### **Materiales genéticos con características stay-green**

Giamet *et al.* (2010), mencionan que, en las hojas, la senescencia es un fenómeno normal del desarrollo caracterizado por la degradación masiva de componentes celulares y por una marcada disminución de la actividad fotosintética. En las especies anuales, la senescencia se acelera durante la fase reproductiva y puede constituir una limitante al rendimiento en algunos cultivos. En maíz, una parte de la mejora genética del rendimiento en las últimas décadas estuvo asociada con la incorporación del carácter stay- green, por ejemplo, un retraso de la senescencia del canopeo. De forma

similar, los genotipos modernos de soja exhiben una mayor duración del área foliar durante el período de llenado. En sorgo granífero se ha observado que los híbridos stay-green tienen mayor tolerancia al estrés hídrico post-antesis y en maíz algunas poblaciones tolerantes a la sequía exhiben un comportamiento stay green, incluso en ausencia de estrés.

Rosenow *et al.* (1983), mencionan que la variedad del sorgo B35 con características stay-green muestra resistencia a la sequía en pos floración, resistencia que contribuye a una mejora en una alta producción estable bajo las condiciones de sequedad. Ambler *et al.* (1987), consideran también que las plantas stay-green de algunas otras especies muestran la resistencia a enfermedades entendiendo el mecanismo para la mejora de plantas como los forrajes buenos de calidad para los animales y extendida para la industria alimenticia

### **III.MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **Ubicación del experimento**

El presente trabajo se realizó en dos fases las cuales fueron: campo y laboratorio.

Fase en campo: Se llevó a cabo en el ciclo otoño-invierno (2016-2017) en el campo experimental “Zaragoza” propiedad de la UAAAN, ubicado en el municipio de Zaragoza, Coahuila, a una Latitud norte 28° 28´31´´. Longitud oeste 100° 55´10´´, en una altitud de 360 msnm.

Fase laboratorio: Una vez cosechada la semilla, fue llevada a las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, para determinar las variables de calidad fisiológica en los Laboratorios de Producción de semillas y Ensayos de semillas del Centro de Capacitación y Desarrollo de Tecnología de semillas (CCDTS), situada geográficamente a 25° 22` Latitud Norte, Longitud Oeste de 101°00` , Altitud es de 1742 msnm.

#### **Material Genético**

El material genético utilizado consistió en 45 líneas hermanas de cebada forrajera imberbe producto de las cruzas entre las variedades GABYAN95 con la variedad maltera Esperanza, liberada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), desarrolladas por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de la UAAAN, teniendo como testigos: Avena (var. Cuauhtémoc); Cebada (vars. GABYAN95 y Cerro prieto); Triticale (var. Eronga-83), así como la línea experimental de Trigo AN-266 (Cuadro 3.1).

**Cuadro 3.1 Identificación de los materiales genéticos estudiados**

Número	Genotipo	Número	Genotipo	Número	Genotipo
1	CANI-1-14	18	CANI-62-14	35	CANI-103-14
2	CANI-9-14	19	CANI-63-14	36	CANI-104-14
3	CANI-10-14	20	CANI-68-14	37	CANI-107-14
4	CANI-11-14	21	CANI-69-14	38	CANI-108-14
5	CANI-12-14	22	CANI-70-14	39	CANI-110-14
6	CANI-15-14	23	CANI-77-14	40	CANI-126-14
7	CANI-16-14	24	CANI-78-14	41	CANI-128-14
8	CANI-20-14	25	CANI-80-14	42	CANI-129-14
9	CANI-25-14	26	CANI-81-14	43	CANI-130-14
10	CANI-28-14	27	CANI-82-14	44	CANI-131-14
11	CANI-29-14	28	CANI-83-14	45	CANI-133-14
12	CANI-30-14	29	CANI-85-14	46	AVENA CUAHUTEMOC
13	CANI-31-14	30	CANI-86-14	47	CEBADA CERRO P.
14	CANI-40-14	31	CANI-98-14	48	CEBADA GABYAN95
15	CANI-51-14	32	CANI-99-14	49	TRIGO AN-266-99
16	CANI-55-14	33	CANI-100-14	50	TRITICALE ERONGA-83
17	CANI-56-14	34	CANI-101-14		

CANI= Cebada Antonio Narro Imberbe

### **Establecimiento y producción de semilla**

Se realizó la siembra de los 50 genotipos, a una densidad de 100 kg ha<sup>-1</sup> 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 evaluó la calidad mediante la metodología de la ISTA (2009), en tres repeticiones de cada parcela, es decir seis repeticiones de cada genotipo, determinando la calidad fisiológica con las prueba 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**

### **Capacidad de germinación**

La prueba de germinación se llevó a cabo mediante las reglas internacionales de la ISTA (2009), a través del método entre papel con una variación en el número de semillas. Consistió en trazar una línea horizontal en una hoja de papel Anchor de 38 x 25 cm y sobre ella se pegó una cinta adhesiva de doble pegamento en la cual se sembraron 25 semillas de cuatro repeticiones por variedad por tratamiento, orientada la semilla con el embrión hacia abajo, se humedeció con agua destilada y se cubrió con una segunda hoja de papel, se envolvieron a formar un “taco” y se marcaron para ser colocados en bolsas de polietileno que fueron puestas en una charola de plástico para posteriormente ser llevados al interior de una cámara de germinación “Biotronett Mark” Modelo Lab-Line una temperatura de  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , con 8 horas luz y 16 horas oscuridad. Se aplicaron dos aspersiones de agua destilada durante la prueba para mantener la humedad de los tacos, la primera fue al tercer día y la posterior ocurrió en el sexto. Al noveno día se retiraron de la cámara de germinación y se evaluaron conforme al manual de evaluación de la AOSA (1992), donde se determinaron el número de Plántulas Normales (PN), Plántulas Anormales (PA), Semillas sin Germinar (SSG).

**Plántulas normales (PN).** Se consideraron aquellas que tenían totalmente desarrollado la plúmula y radícula con un tamaño promedio de tres a cuatro veces el tamaño de la semilla y registrando el valor en porcentaje.

**Plántulas anormales (PA).** Fueron aquellas que no cumplían con los requisitos para ser una plántula normal, que tuviera poco desarrollado o una mala formación en la radícula o plúmula, registrándose su valor en porcentaje.

**Semillas sin germinar (SSG).** Se consideraron a las semillas que no germinaron o presentaron indicio de dormancia, registrando el valor en porcentaje.

## **Vigor**

**Longitud media de plúmula (LMP).** Los datos de esta variable se tomaron al día nueve después de la siembra, consistió en medir la longitud de la plúmula de 10 plántulas normales por tratamiento.

**Longitud media de radícula (LMR).** Para esta variable se utilizaron 10 plántulas normales, los datos se tomaron al día nueve después de la siembra midiendo la longitud de la radícula.

**Tasa de crecimiento de plántulas (PS).** Una vez que se tomaron todos los datos anteriores, se tomaron las plántulas normales de cada uno de las variedades y tratamiento, donde se desprendió la plúmula y radícula del endospermo, estas se metieron en una bolsa de papel, se colocaron dentro de la estufa por 24 horas a 65°C, posteriormente fueron retiradas y pesadas en una balanza analítica registrando se pesó en gramos.

## **Envejecimiento acelerado**

Según Powell (1995), la prueba de deterioro controlado permite distinguir el vigor entre lotes de semillas que están sufriendo una disminución en su supervivencia, por estar todas las semillas sometidas a niveles similares de deterioro por alto contenido de humedad y elevada temperatura. El deterioro controlado a un contenido de humedad constante, refleja el método de almacenamiento de muchas especies en sacos de papel aluminio más que en almacenamiento abierto, reflejando su potencial de almacenamiento, lo que también ocurre con el envejecimiento acelerado.

Para la realización de este paso se tomaron 100 semillas de cada material genético, y se colocaron sobre canastas plásticas dentro de un vaso de precipitado conteniendo 100 mL de agua destilada, posteriormente se cubrió con una bolsa de plástico ajustándola con una liga, en seguida se colocaron los vasos de cada material dentro de una cámara de envejecimiento acelerado (WWR Scientific) durante 72 horas a una temperatura de 42°C teniendo una Humedad Relativa de 95%.

Una vez transcurrido el tiempo se sacaron las muestras y se procedió a evaluar la capacidad de germinación, así como longitud media de plúmula, radícula y peso seco de plántula, con la metodología antes descrita.

### **Diseño Experimental**

Los genotipos se evaluaron en campo bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones y tamaño de parcela descrito. En algunas variables se obtuvieron tres muestras de cada parcela por lo que hubo necesidad de hacer dos tipos de análisis de datos.

### **Análisis estadístico**

Una vez obtenidos los datos de las pruebas de laboratorio, se analizaron con el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS, 2009) usando un diseño de bloques al azar con submuestreo para las variables de germinación y vigor, mientras que para analizar las variables de envejecimiento acelerado se utilizó un diseño experimental completamente al azar, utilizando cuatro repeticiones por cada prueba bajo el modelo siguiente con submuestreo:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + R_j + GR_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = Variable observada

$\mu$  = Efecto de la media general del experimento

$G_i$  = Efecto de la  $i$ -ésimo genotipo

$R_j$  = Efecto de la  $j$ -ésima repetición

$GR_{ij}$  = Efecto de la interacción de la  $i$ -ésimo genotipo con la  $j$ -ésima repetición

$E_{ijk}$  = Error experimental

El modelo del análisis como completamente al azar para las variables de envejecimiento acelerado quedó definido como:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + E_{ij}$$

Donde:

$Y_{ij}$  = Variable observada

$\mu$  = Efecto de la media general del experimento

$G_i$  = Efecto de la  $i$ -ésimo genotipo

$E_{ij}$  = Error experimental

### **Comparación de medias**

Para comparar entre los genotipos se utilizó la prueba de la diferencia mínima significativa, la cual según Steel y Torrie (1986) se calcula mediante:

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

Donde:

CMEE = Cuadro medio de error

$r$  = Numero de observaciones usadas para calcular un valor medio.

$\alpha$  = 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

### Capacidad de germinación

En el análisis de varianza en la prueba de capacidad de germinación, en todas las variables evaluadas se encontró diferencia altamente significativa entre las repeticiones en campo, los genotipos y su interacción, indicando que en al menos uno de las repeticiones, genotipos y la interacción tuvieron una respuesta diferente en cada una de las variables de la capacidad de germinación; a excepción de la fuente de variación entre repeticiones en la variable plántulas anormales que al parecer se tuvo una respuesta semejante; así mismo, se tuvieron porcentajes en el Coeficiente de Variación de 6.1 % en Plántulas Normales 302.9 %, en Plántulas Anormales y 96.1 % en Semillas sin Germinar (Cuadro 4.1), estos últimos es de aclarar que son relativamente altos, porque no se encontraron porcentajes en alguna(s) repeticiones y genotipos.

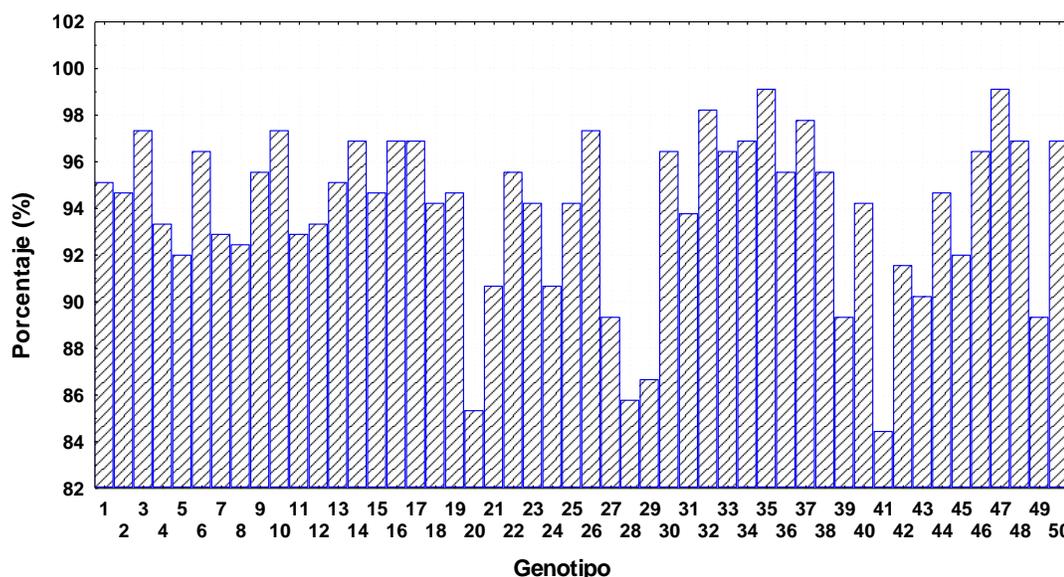
**Cuadro 4.1 Cuadrados medios y nivel de significancia de los cincuenta genotipos estudiados en la prueba de capacidad de germinación.**

Fuente de variación	de Grados de libertad	de Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas sin Germinar
Rep. de campo	2	221.55**	0.68 <sup>ns</sup>	216.75**
Genotipos	49	112.97**	4.98**	107.05**
Gen * Rep	98	66.84**	3.36**	60.99**
E Exp	300	32.39	2.52	27.63
Total	449			
CV		6.06	302.9	96.1

NS=no significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad, %CV= Porcentaje de Coeficiente de Variación

Al realizar una prueba de comparación de medias en la variable de plántulas normales, resultaron trece diferentes grupos estadísticos, destacando en el primer grupo con un porcentaje por arriba del 94.2%, formado por 31 genotipos incluyendo a los testigos avena, Cerro prieto, GABYAN95 y triticale (Cuadro A1), sobresaliendo el genotipo 35 y el testigo Cerro prieto con 99.1% en ambos genotipos, clasificados en la mayor calidad fisiológica, como se muestra en la Figura 4.1.

Así mismo, se obtuvieron 7 genotipos en el último grupo estadístico (Cuadro A1), marcado con el menor porcentaje de germinación desde 89.3 a 84.4%, siendo el genotipo 41 con el menor porcentaje de germinación. Cabe señalar que los genotipos que obtuvieron porcentajes arriba del 85%, son todavía comercialmente aceptables por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas, ya que para una comercialización de semillas se considera por arriba del 85% de germinación en el país.



**Figura 4.1 Respuesta del Porcentaje de plántulas normales en la prueba de capacidad de germinación de los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.**

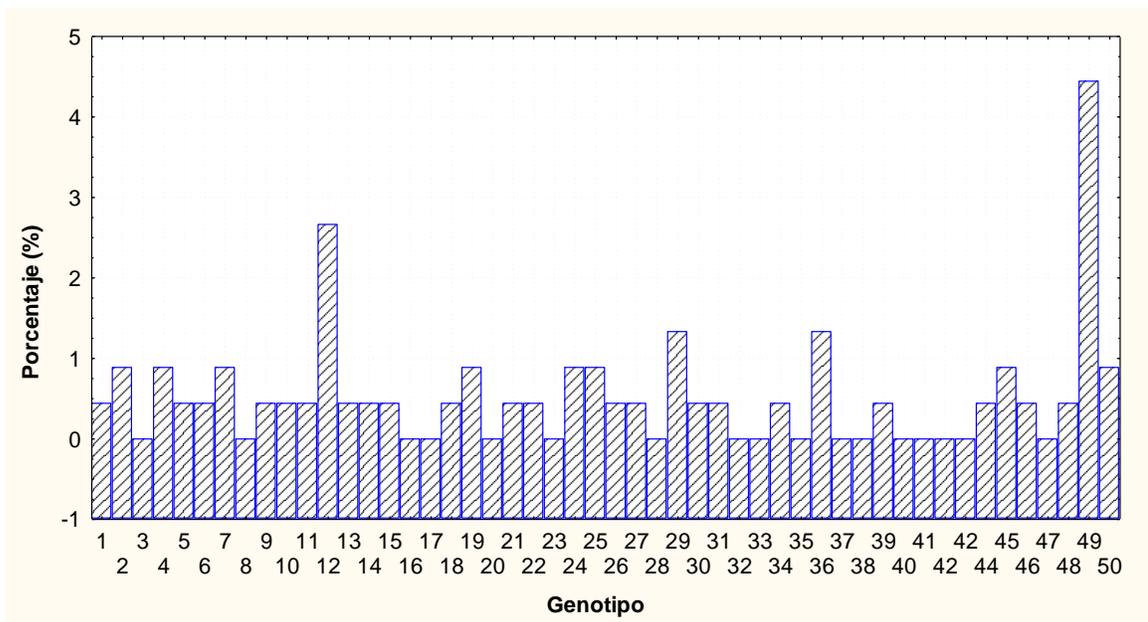
El testigo comercial GABYAN95 presento un porcentaje de 96.8%, estando en el mismos grupo estadístico que las líneas de cebada 3, 10, 14, 16, 17, 26, 32, 35 y 37 (Cuadro A1); sin embargo, obtuvieron una respuesta numérica superior al progenitor como se observa en la Figura anterior (4.1), y era de esperar que alguna de las líneas pudiera tener su misma actividad metabólica eficiente como lo menciona López (1983), contando con enzimas capaces de catalizar las reacciones necesarias para la germinación y para el crecimiento de plántulas; además de ofrecerle las condiciones adecuadas para la germinación como son temperatura, humedad y oxígeno, como lo menciona Besnier (1989).

En el caso de la variable de plántulas anormales una vez encontrado alto nivel de significancia entre genotipos, se realizó una prueba de comparación de medias, resultando tres grupos estadísticos (Cuadro A1), donde el grupo con menor porcentaje de anomalías lo conformaron 46 genotipos, donde 16 genotipos no presentaron porcentajes de plántulas anormales, incluyendo el testigo Cerro prieto como se muestra en la Figura 4.2. Así mismo, el testigo trigo, resultó con el mayor porcentaje de anomalías con 4.4 %, seguidos de los genotipos 12, 29 y 36 en un segundo grupo estadístico con porcentajes entre 2.6 al 1.3 %, teniendo plántulas emergidas que no se desarrollaron satisfactoriamente, por tener alguna alteración de tipo morfológico provocando plántulas incapaces de establecerse adecuadamente (Besnier, 1989), siendo los genotipos de menor calidad.

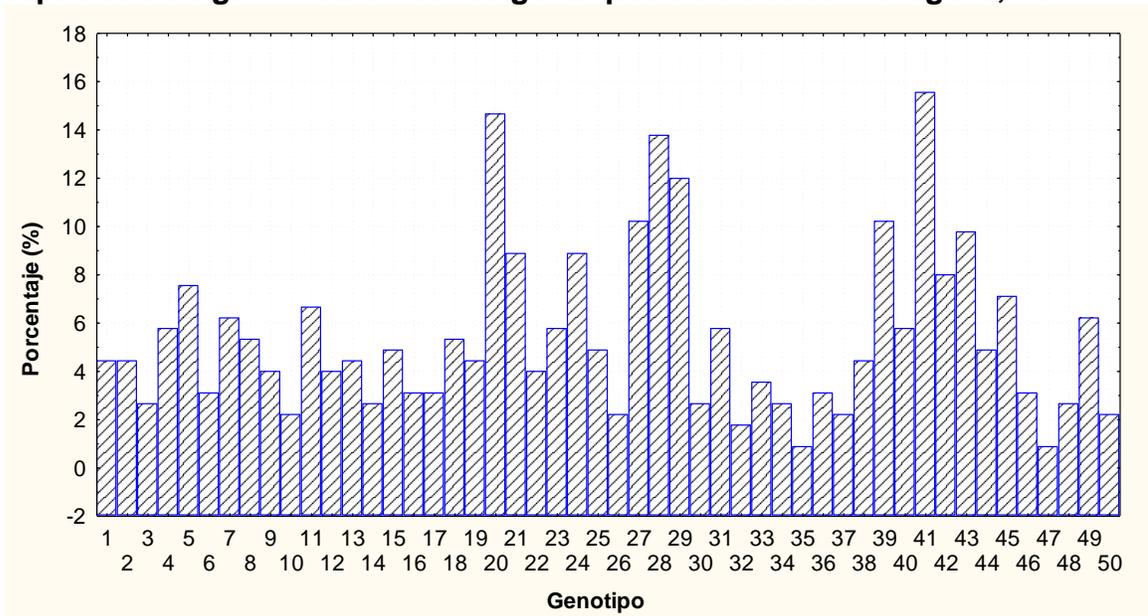
Se menciona que algunas de las causas que pueden dar lugar a las anomalías o las semillas sin germinar están agrupadas dentro de los cuatro componentes de la calidad: genéticas, físicas, sanitarias y fisiológicas por parte de la semilla o de la planta como lo menciona Delouche (1986), que estas causas pueden ser por contaminación varietal, incidencia y severidad de daño mecánico, la incidencia de patógenos en la semilla, entre otros, dando lugar a que los componentes de calidad puedan afectarse en cualquier momento durante la producción y por ende dar semillas de baja calidad. 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).

### **Semillas sin germinar**

En la variable de semillas sin germinar, el resultado de la prueba de comparación de medias presentó ocho grupos estadísticos (Cuadro A1), destacando en el último grupo se encontraron 31 genotipos con porcentajes desde 5.33 hasta 0.88 %, de los cuales el genotipo 35 y el testigo Cerro prieto (47) presentaron los más bajos valores de semillas sin germinar con 0.88 %, considerándose de buena calidad fisiológica; mientras los genotipos 20, 28, 29 y 41, presentaron altos porcentajes de 15.5 hasta 12%, indicando baja calidad fisiológica, como se observa en la Figura 4.3.



**Figura 4.2** Respuesta del Porcentaje de plántulas anormales en la prueba de capacidad de germinación de los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.



**Figura 4.3** Respuesta del Porcentaje de semillas sin germinar en la prueba de capacidad de germinación de los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.

## Vigor

Con respecto a las pruebas de vigor evaluadas; en el análisis de varianza para las variables de porcentaje de plántulas normales en un primer conteo a los cuatro días, longitud media de plúmula y radícula, así como de peso seco se encontraron diferencias altamente significativas entre las repeticiones de campo, los genotipos estudiados, y la interacción repeticiones por genotipos, marcando que al menos uno de los genotipos tuvo una respuesta diferente en alguna de las repeticiones al resto de los genotipos, dando Coeficiente de Variación de 11.0, 8.6, 7.7 y 19.7 % respectivamente en cada variable, como se describe en el Cuadro 4.2.

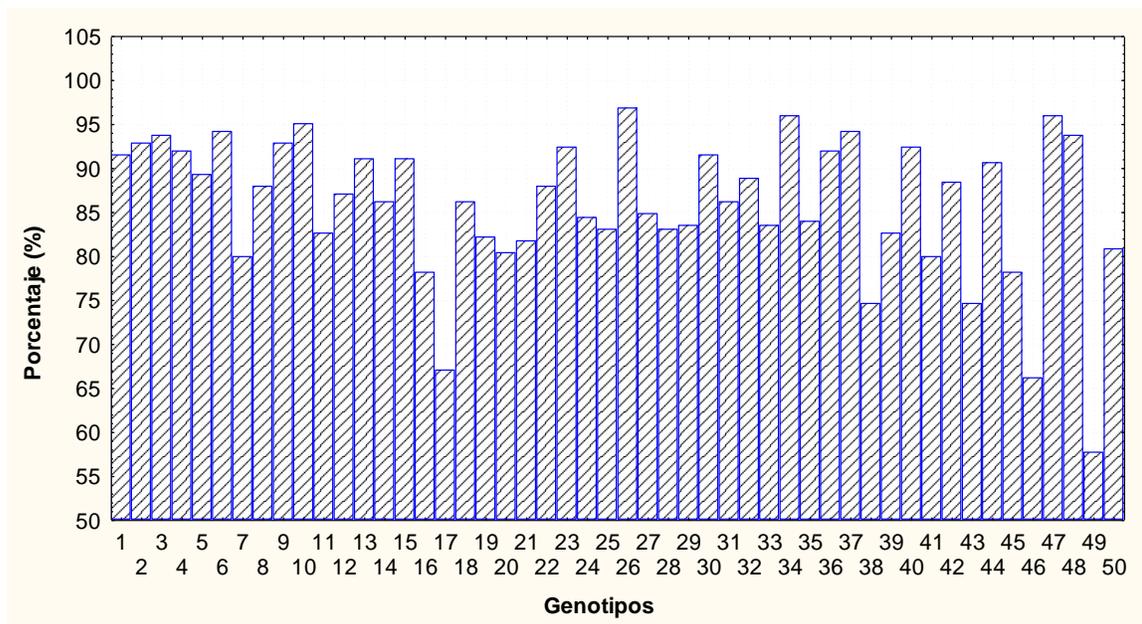
**Cuadro 4.2 Cuadrados medios y nivel de significancia de los cincuenta genotipos estudiados en las pruebas de vigor.**

Fuentes de variación	Grados de libertad	Primer Conteo	Longitud media plúmula	Longitud media de radícula	Peso seco de plántula
Repetición de campo	2	81.92**	20.00**	10.63**	225.59**
Genotipos	49	591.31**	4.47**	16.47**	42.69**
Gen*Rep	98	361.29**	1.46**	5.40**	17.02**
Error Exp.	300	89.49	0.96	0.49	9.08
Total	449				
%CV		11.0	8.6	7.7	19.7

\*\* =significativo al 0.01 de probabilidad, %CV= Porcentaje de Coeficiente de Variación

## Primer conteo de plántulas normales

Al realizar la prueba de comparación de medias en la variable de primer conteo, resultaron 15 grupos estadísticos diferentes donde el primer grupo se encontró conformado por 22 genotipos con porcentajes de 88.4 a 96.8% (Cuadro A2), destacando el genotipo 26 con el porcentaje más alto, mientras que el testigo trigo AN-266 presento el porcentaje más bajo con 57.77 %, siendo de bajo vigor como se observa en la Figura 4.4.



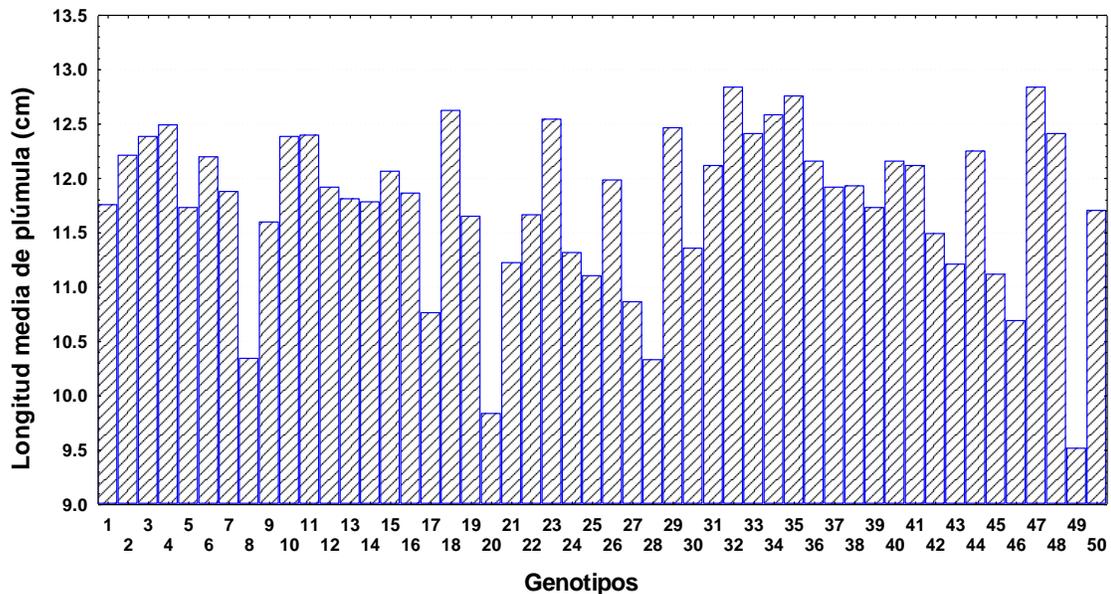
**Figura 4.4 Respuesta del Porcentaje de vigor a un primer conteo de los genotipos estudiados.**

Debido a que los genotipos sobresalientes pueden resistir una alteración biológica o se evalúa en un tiempo muy corto, permite identificar los mejores genotipos en la respuesta de germinación, coincidiendo con la AOSA (1992) y Delouche (2002), que mencionan que el vigor de las semillas está relacionado con la germinación rápida (primer conteo a cuatro días) y uniforme o con el desarrollo de las plántulas más vigorosas y competitivas, reflejándose en el rendimiento, además de ser un importante atributo de calidad en el componente fisiológico como lo reafirman Bustamante (1982) y Flores (1993), al referirse que el componente constituye la característica de viabilidad en una semilla, a la alta capacidad de germinación y al vigor para establecer nuevos individuos como los atributos más importantes en la calidad de un lote de semillas.

### **Longitud media de plúmula**

Con respecto a la variable longitud media de plúmula a los siete días después de la siembra, y al encontrar diferencias significativas (Cuadro 4.2), se realizó una prueba de comparación de medias Diferencia Mínima Significativa (DMS), resultando 17

grupos estadísticos diferentes, donde el primer grupo se conformó por 23 genotipos con promedios desde 11.56 a 12.45 cm/plántula (Cuadro A2), teniendo con la mayor longitud de plúmula el genotipo 35 con un promedio de 12.45 cm/plántula, en cambio el testigo trigo AN-266 obtuvo la más baja longitud con 8.65 cm/plántula, como se observa en la Figura 4.5.

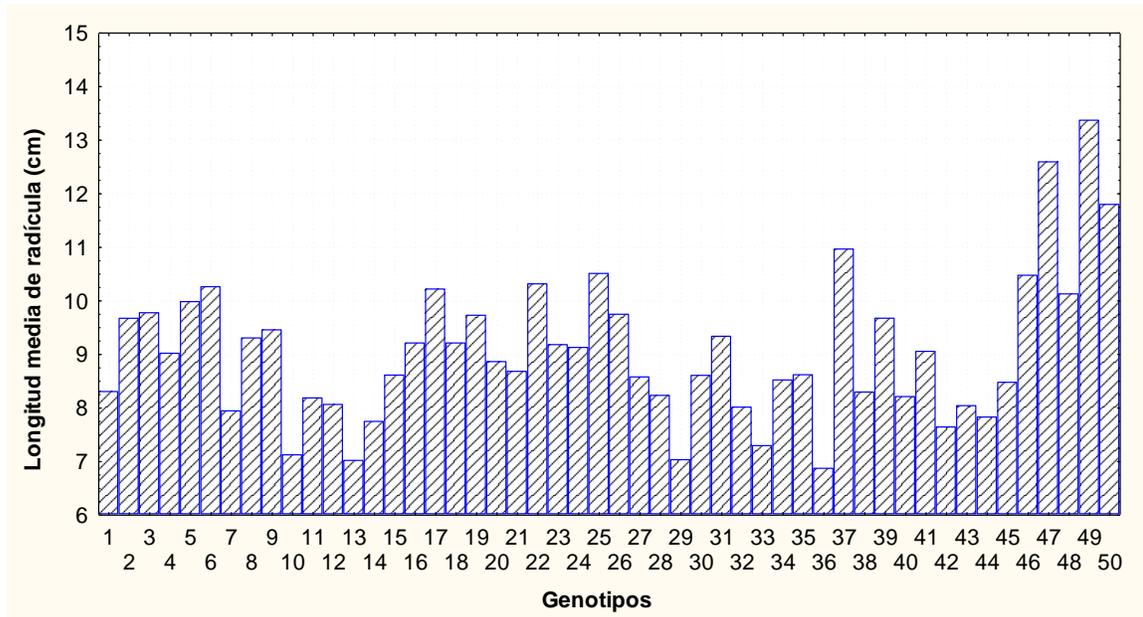


**Figura 4.5 Respuesta de vigor mediante longitud media de plúmula de los genotipos estudiados.**

### Longitud media de radícula

Al encontrar alta diferencia estadística en esta variable, se obtuvieron en la prueba de comparación de medias un mayor número de grupos estadísticos a 20, lo que nos indicó que existen diferentes respuestas en la longitud de raíz reflejando diferente vigor en los genotipos, resultando en un primer grupo al trigo AN-266 (con 13.37 cm/plántula) (Cuadro A2), sobresaliendo entre todos los genotipos estudiados como se puede apreciar en la siguiente Figura 4.6, en seguida la variedad comercial Cerro prieto por obtener una longitud de 12.59 cm/plántula; mientras que GABYAN95 y avena quedaron en el quinto grupo estadístico con 10.13 y 10.47 cm/plántula respectivamente; por ende los genotipos descendientes, como era de esperarse tuvieron valores más bajos; sin embargo, entre ellos destacaron los genotipos 5, 6,

17, 22, 25 y 37 con longitudes de radícula de 10 cm/plántula y formar parte del quinto grupo estadístico, en cambio los genotipos 10, 13, 29, 33 y 36 presentaron los valores por debajo de 7 cm/ plántula, formando el último grupo y marcado un bajo vigor.

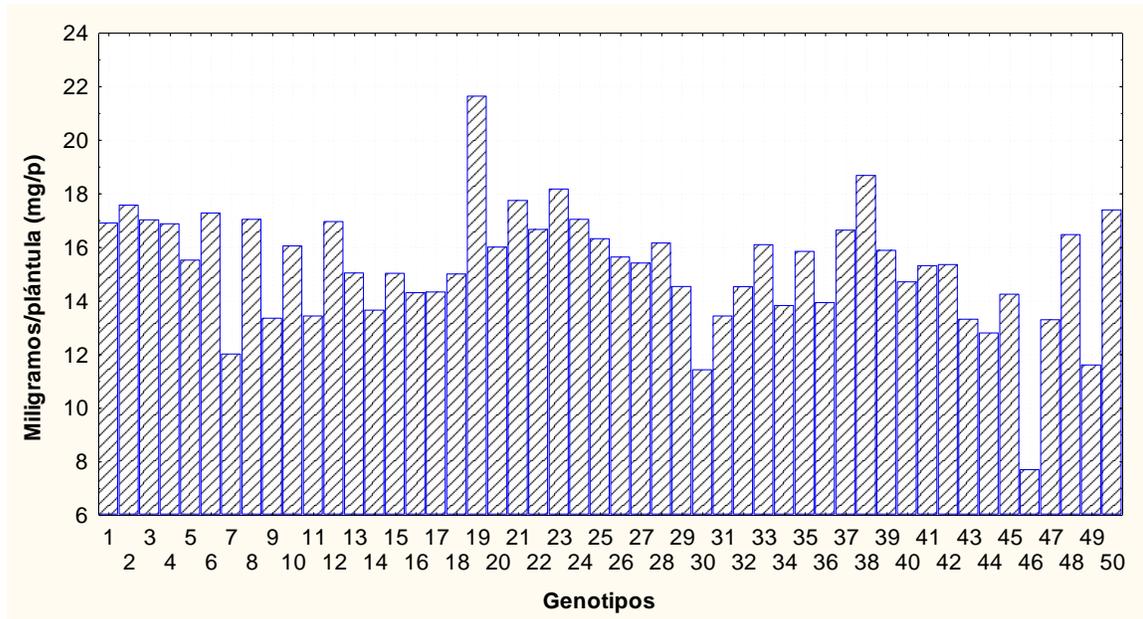


**Figura 4.6 Respuesta de vigor mediante longitud media de radícula de los genotipos estudiados.**

### **Peso seco**

En la prueba de vigor de tasa de crecimiento de plántula mejor conocida como peso seco, como ya se mencionó se encontraron diferencias altamente significativas y, al realizar la prueba de comparación de medias resultaron 13 grupos estadísticos diferentes, donde el genotipo 19 conformo el primer grupo como el más alto peso seco de 21 mg/plántula, destacando entre todos los genotipos como se muestra en la Figura 4.7; mientras que el testigo de avena obtuvo la menor acumulación de peso seco quedando en el último grupo estadístico con 7 mg/plántula, como se observa en el Cuadro A3. Así mismo, los testigos trigo y Cerro prieto se encontraron en el penúltimo grupo estadístico junto con 10 genotipos.

Es interesante señalar que a pesar de tener algunos genotipos alto vigor en LMR y LMP no presentaron acumulación de materia seca en la plántula (Cuadro A3)



**Figura 4.7 Respuesta de vigor mediante la tasa de crecimiento de plántula (peso seco) en los genotipos estudiados.**

### **Envejecimiento acelerado**

En el análisis de varianza como completamente al azar realizado a las variables en la prueba de germinación después del envejecimiento acelerado, se encontraron diferencias altamente significativas en todas las variables, dado en el Cuadro 4.3. La respuesta de la capacidad de germinación en ambas condiciones antes y después del envejecimiento coincide con Barros y Filho (2003), quienes afirmaron que el envejecimiento acelerado merma su capacidad germinativa de la semilla, el crecimiento inicial de plántulas, la tolerancia a condiciones adversas y no ocurre uniformemente en las semillas, aún en un mismo lote como lo menciona McDonald, (1999), así mismo, se logró observar que las respuestas fisiológicas de los genotipos estudiados se vieron afectadas por las condiciones de envejecimiento, sin embargo son de gran utilidad para seleccionar materiales para condiciones de temperaturas y humedad relativas como lo mencionan Vashisth, (2009) y Durán *et al.* (2011).

**Cuadro 4.3 Cuadrados medios y nivel de significancia de los cincuenta genotipos estudiados en la prueba de capacidad de germinación después del envejecimiento acelerado.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Plántulas Normales	Plántulas Anormales	Semillas sin Germinar
Genotipos	49	563.23**	11.60*	635.52**
E Exp	100	156.26	10.77	152.64
Total	149			
% CV		20.90	110.88	33.47

\* =significativo al 0.05 de probabilidad, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad, %CV= Porcentaje de Coeficiente de Variación

### **Plántulas normales**

Al realizar una prueba de comparación de medias en la variable de plántulas normales después del envejecimiento acelerado, resultaron trece diferentes grupos estadísticos (Cuadro A4), destacando en el primer grupo lo conformaron 13 genotipos con porcentajes de 69.33 a 86.67, destacando al genotipo 10, con la mayor germinación y por tanto alta calidad, seguidos en este mismo grupo los testigos avena, Cerro prieto, trigo y triticale con germinaciones de 80, 85.3, 72 y 77.3% en cada uno, mostrando esta tendencia en la Figura 4.8. Cabe señalar que el progenitor GABYAN95 resultó con bajo vigor de 58.67%; mientras que en el último grupo estadístico se encontraron los genotipos 33 y 34 con un porcentaje de 28%, indicando baja calidad en ellos.

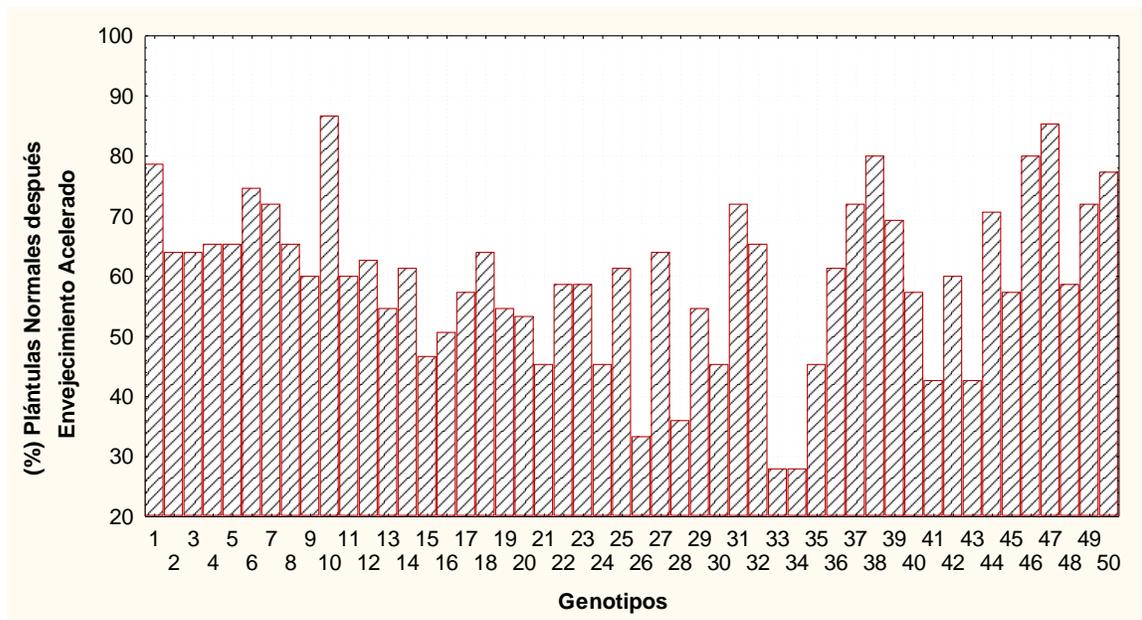
### **Plántulas anormales**

En el caso de la variable de plántulas anormales se realizó una prueba de comparación de medias, resultando cuatro grupos estadísticos (Cuadro A4), teniendo la mayoría de los genotipos porcentajes arriba del 1% a excepción de los genotipos 11, 14, 16, 27, 30 y 43 ubicados en el último grupo, al no presentar anormalidades, considerado como un mayor vigor, como se puede apreciar en las respuestas de bajos porcentajes de anormalidades en la Figura 4.9. Por otra parte, el testigo trigo AN-266, obtuvo un alto porcentaje de 9.3% considerado un material genético 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).

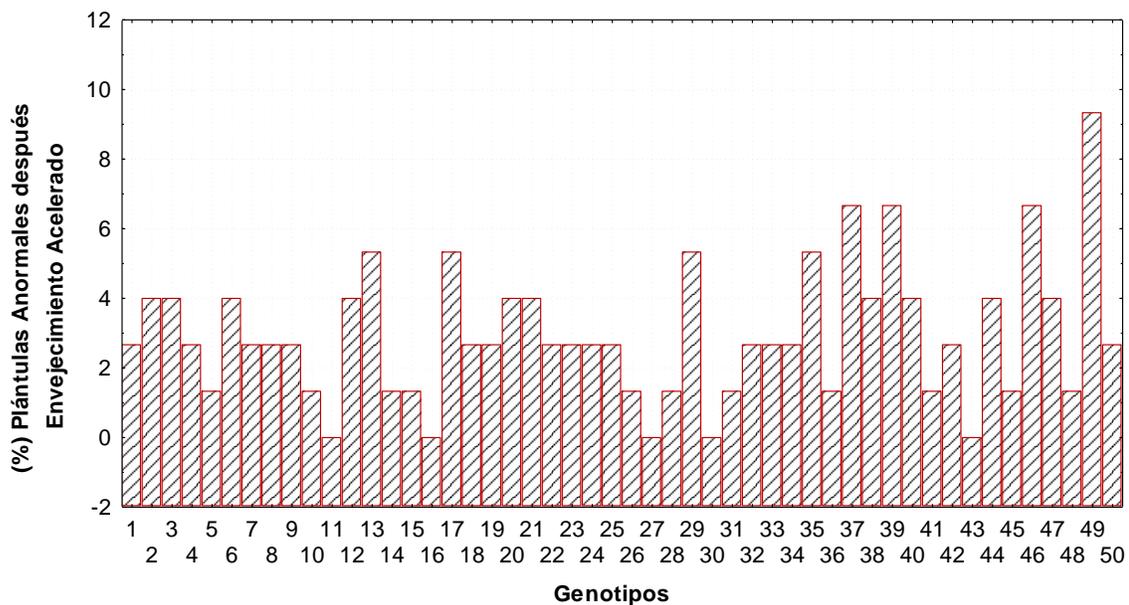
## Semillas sin germinar

En la variable de semillas sin germinar, el resultado de la prueba de comparación de medias presentó quince grupos estadísticos, en el primer grupo se encontraron 8 genotipos (Cuadro A4), donde los genotipos 33 y 34 sobresaliendo en presentar los porcentajes más altos de semillas sin germinar con 70.67 y 72 % cada uno, como se muestra en la Figura 4.10.

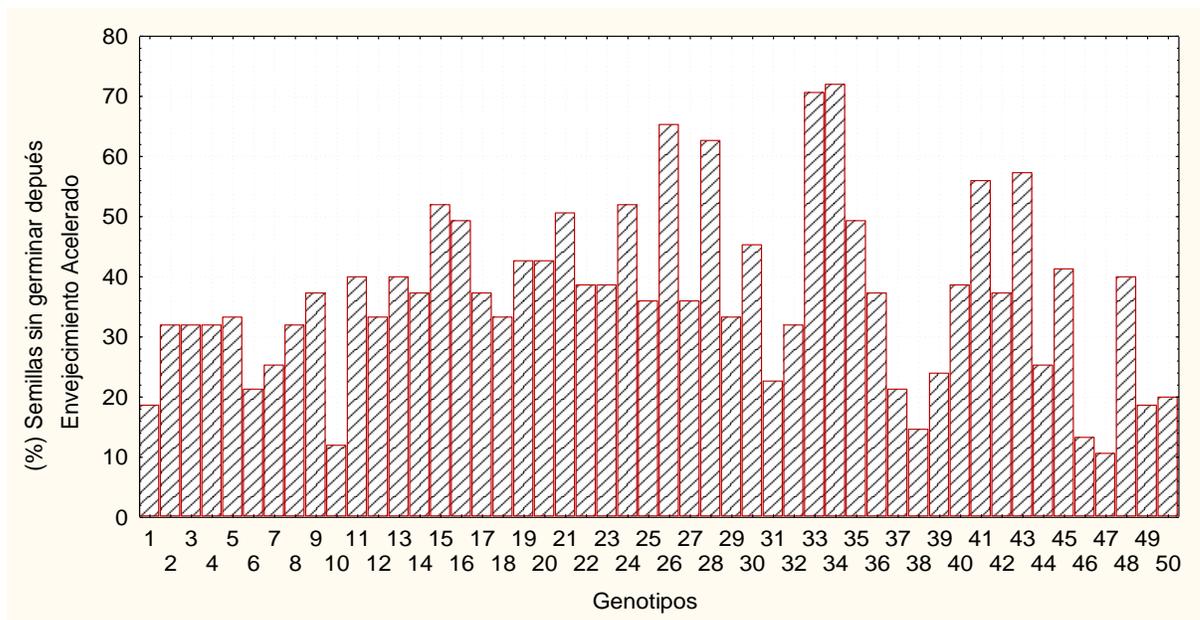
Esto indica que los genotipos no soportaron las condiciones de envejecimiento al presentar un número elevado de semillas sin germinar, dando lugar posiblemente a la muerte de las semillas. Sin embargo, el testigo Cerro prieto, soportó esta condición al presentar el más bajo porcentaje con 10.67 %, estando en el último grupo estadístico.



**Figura 4.8. Respuesta del Porcentaje de plántulas normales después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.**



**Figura 4.9** Respuesta del Porcentaje de plántulas anormales después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.



**Figura 4.10** Respuesta del Porcentaje de semillas sin germinar después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.

### Longitud media de plúmula

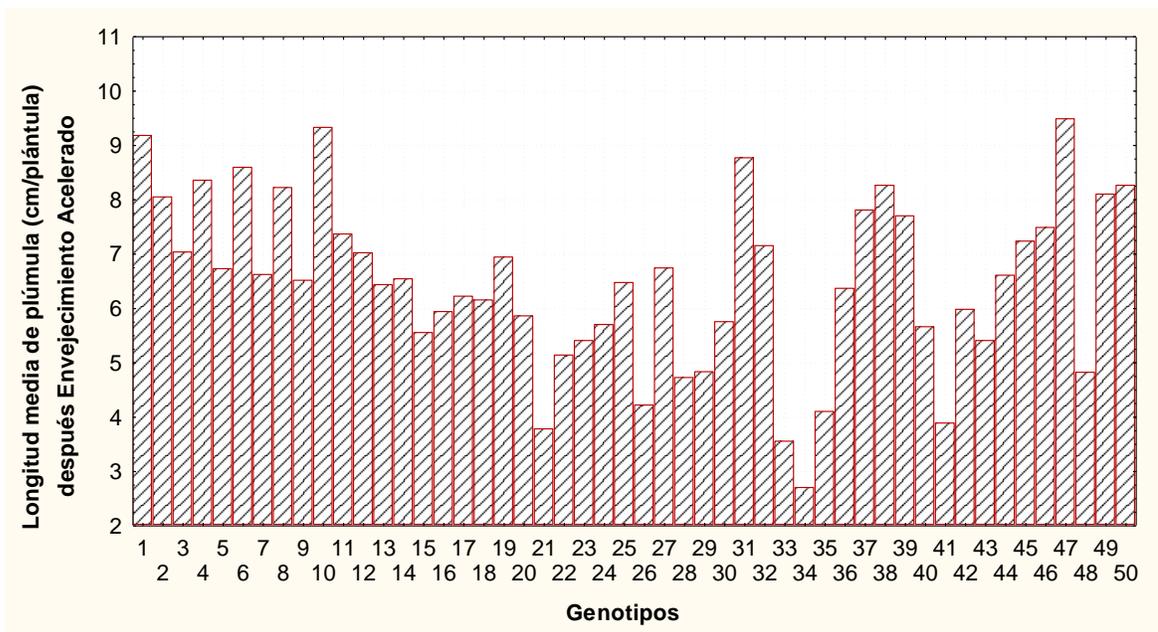
Con respecto a la prueba de longitud media de plúmula al encontrar diferencias altamente significativas entre genotipos y un porcentaje en el CV de 22.12 (Cuadro 4.4), se realizó una prueba de comparación de medias resultando veinte grupos estadísticos diferentes dados en el Cuadro A4, confirmando el primer grupo por 16 genotipos con una longitud de plúmula por arriba de los 7.2 cm/plántula, siendo el testigo Cebada Cerro Prieto con una longitud de plúmula de 9.49 cm/plántula, seguidos en el segundo grupo los testigos avena, trigo y triticale con 7.5, 8.1 y 8.3 cm/plántula como se puede apreciar la respuesta en la Figura 4.11 de cada testigo señalado, además de mostrar una similar respuesta del genotipo 10, con una longitud de 8.33 cm/plántula, quien se encontró el mismo grupo estadístico que los testigos (Cuadro A5).

**Cuadro 4.4 Cuadrados medios y nivel de significancia de los cincuenta genotipos estudiados después del envejecimiento acelerado.**

Fuente de variación	Grados de libertad	Longitud media plúmula	Longitud media de radícula	Peso seco de plántula
Genotipos	49	7.54**	7.87**	15.94**
E Exp	100	2.06	1.46	9.70
Total	149			
CV		22.12	9.81	21.11

\*\* =significativo al 0.01 de probabilidad, %CV= Porcentaje de Coeficiente de Variación

Por otra parte, en el último grupo se encontró al testigo GABYAN95 (4.8 cm/plántula), junto con 8 genotipos más, siendo el genotipo 34 de menor longitud con 2.7 cm/plántula, indicando bajo calidad fisiológica, como se muestra en la misma Figura 4.11.



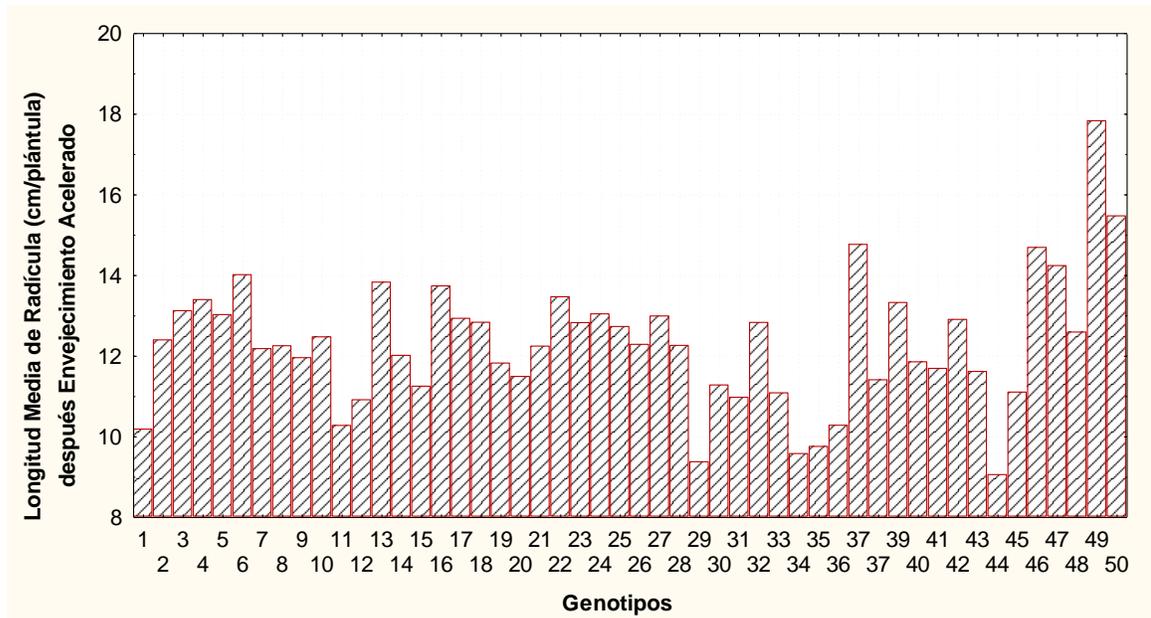
**Figura 4.11 Respuesta del Porcentaje de longitud media de plúmula después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.**

### Longitud media de radícula

En Cuadro 4.4 de análisis de varianza para la variable longitud media de radícula, se encontró alta diferencia significativa entre los genotipos y, realizando la prueba de comparación medias, se reflejaron 20 grupos estadísticos diferentes (Cuadro A5), teniendo diferentes respuestas en el vigor de las semillas una vez envejecidas, formando el testigo TRIGO AN-266 el primer grupo estadístico con un promedio de radícula de 17.84 cm/plántula, destacando entre todos los genotipos estudiados como se parecía en la Figura 4.12; y en el último grupo el genotipo 44 con 9.0 cm/plántula.

Cabe señalar que los testigos avena, Cerro prieto y triticale se encontraron en el segundo grupo estadístico junto a 4 genotipos más, teniendo valores de 14.7, 14.3 y 15.5 cm/plántula cada uno. Es probable que las condiciones de envejecimiento con calor húmedo propiciaron un mal funcionamiento de los eventos metabólicos implicados en la germinación de los genotipos estudiados como fue el caso de GABYAN95 al tener una longitud de 12.6 cm/plántula, lo que indicaría que la

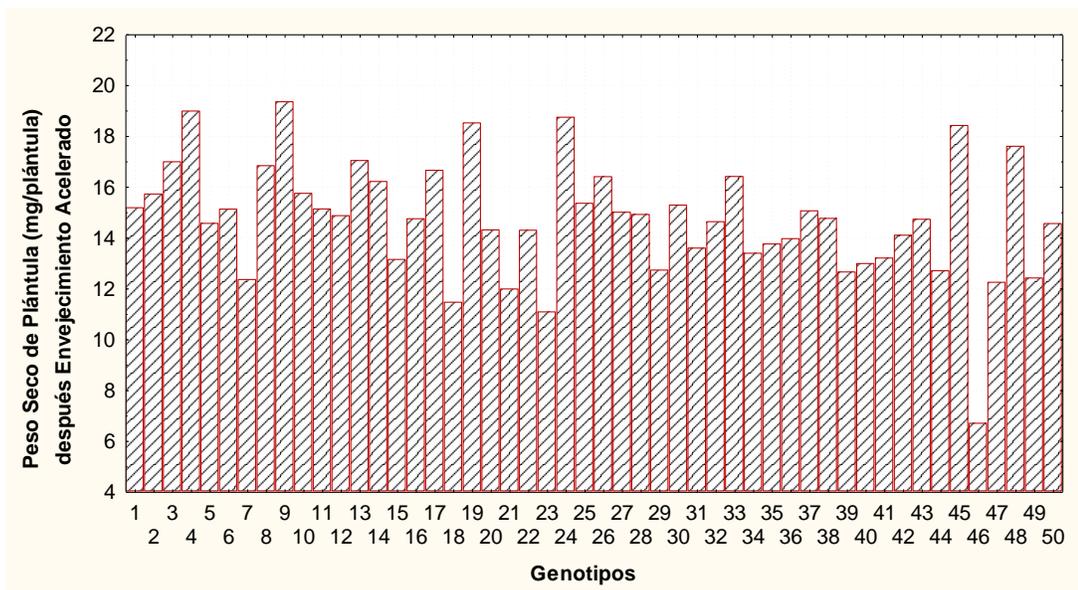
estimulación de brotes radiculares es un suceso físico promovido por la rehidratación de los tejidos seminales (Bewley y Black, 1994).



**Figura 4.12 Respuesta del Porcentaje de longitud media de radícula después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.**

### Peso seco

En la variable de peso seco después de Envejecimiento Acelerado una vez realizado el análisis de varianza, se encontró alta diferencia significativa entre los genotipos, dando lugar a la realizar una prueba de comparación de medias, donde resultaron once grupos estadísticos, donde en un primer grupo se obtuvieron 30 genotipos (Cuadro A5), con pesos de materia seca superiores a los 14.33 mg/plántula, destacando el genotipo 9 con 19.36 mg/plántula; por otro lado, en el último grupo estadístico se encontraron los genotipos 23 y 46 con los pesos más bajos de plántulas de 11.0 y 6.72 mg/plántula como se pueden apreciar en la Figura 4.13.



**Figura 4.13** Respuesta del Porcentaje de peso seco después del envejecimiento acelerado de los genotipos estudiados.

### Correlaciones entre las variables

Después de haber obtenido los promedios a través de las repeticiones se realizó un coeficiente de correlación entre pares de variables del cual se obtuvieron correlaciones significativas positivas y negativas las cuales se describen a continuación.

En la variable Primer conteo a los cuatro días (PC), se encontraron correlaciones positivas significativas con las variables PN y LMP (Cuadro 4.5), indicando que los genotipos evaluados tienen un buen vigor y son capaces de dar lugar a plántulas normales con buena longitud de plúmula, la correlación positiva en PN da por ende una correlación negativa significativa con SSG, en cuanto a las variables de Envejecimiento acelerado no se encontró correlación.

**Cuadro 4.5 Respuesta del análisis de correlaciones entre variables de los genotipos estudiados.**

	P C	PN	PA	SSG	LMP	PS	LMR	EAPN	EAPA	EASSG	EALMP	EAPS	EALMR
PC	1.00	.41	-.12	-.38	.57	-.02	-.07	.13	-.01	-.13	.07	.08	-.15
PN		1.00	-.24	-.95	.74	-.06	.20	.18	.09	-.20	.13	-.00	-.05
PA			1.00	-.07	-.24	-.01	.12	.05	-.01	-.03	.06	-.14	.12
SSG				1.00	-.68	.07	-.24	-.20	-.09	.21	-.15	.05	.01
LMP					1.00	.06	-.01	.08	-.02	-.08	.04	.06	-.24
PS						1.00	-.03	.02	-.03	-.01	.08	.20	-.11
LMR							1.00	.15	.14	-.17	.19	-.01	.51
EAPN								1.00	.03	-.97	.91	-.12	.29
EAPA									1.00	-.21	-.02	-.05	.19
EASSG										1.00	-.87	.13	-.30
EALMP											1.00	.05	.29
EAPS												1.00	-.01
EALMR													1.00

En color rojo =significativo al 0.05 de probabilidad.

En la variable PN encontramos que entre más plántulas normales tengamos se tendrá correlaciones positivas significativas con las variables LMP, LMR, EAPN, cuando se tiene un porcentaje alto de PN se tendrán correlaciones negativas significativas con las variables PA y SSG, y dentro de las variables con envejecimiento acelerado se encontró una correlación negativa significativa con la variable EASSG; lo que nos lleva a indicar que se puede omitir la evaluación de esa variable puesto que nos dará correlaciones negativas significativas.

Con la variable PA solo se encontró una correlación negativa significativas en cuanto a la variable LMP lo que era de esperarse 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).

Las correlaciones encontradas en la variable SSG tres de ellas fueron negativas significativas con respecto a LMP, LMR, EAPN, estas correlaciones se dieron por el porcentaje de semillas sin germinar, la otra correlación fue positiva significativa con la variable EASSG, esta correlación se esperaba puesto que son las mismas, lo que indica que se podría eliminar la toma de datos de EASSG pues solo con SSG

sabremos que nos dará una correlación positiva. En la variable LMP solo se encontró una correlación negativa significativa en la variable EALMR. Con la variable PS tuvo una correlación positiva significativas con EAPS lo que nos lleva a sugerir el omitir esta última toma de datos pues el resultado será el mismo. Las correlaciones de LMR fueron positivas significativas con las variables EALMP y EALMR, también se obtuvo una correlación negativa significativa con la variable EASSG, EALMR esta última nos indica que al realizar la primera toma de datos antes del envejecimiento acelerado teniendo una mayor longitud de radícula tendremos una correlación positiva si realizamos el procedimiento de envejecimiento acelerado con la misma variable.

Dentro de las variables de Envejecimiento Acelerado en EAPN se encontraron dos correlaciones positivas significativas con las variables EALMP y EALMR estos resultados se dan en base a que los genotipos aun sufriendo estrés dan lugar a plántulas con un buen desarrollo fisiológico, también se encuentra una correlación significativa con la variable EASSG este resultado indica que entre más plántulas normales obtendremos menos semillas sin germinar. Con respecto a la variable EAPA se encontró una correlación negativa significativa con EASSG, también se obtuvo una correlación positiva significativa con la variable EALMR lo que nos lleva a concluir que aun teniendo plántulas anormales los genotipos no son afectados en el desarrollo de su radícula. ESSG en esta variable solo se encontró una correlación negativa significativa con la variable EALMP, de igual manera en EALMP solo se encontró una correlación significativa en este caso positiva con la variable EALMR.

## V. CONCLUSIONES

En la comparación realizada de las 45 nuevas líneas de cebada imberbe forrajera con los 5 testigos (Cebada comercial var. Cerro prieto; Cebada var. GABYAN95; Trigo Línea AN-266; Avena Var. Cuauhtémoc y Triticale var. Eronga) a través de la calidad fisiológica, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Todos los genotipos estudiados tuvieron buena calidad fisiológica en la prueba de capacidad de germinación y puede ser un punto de referencia para seleccionar, destacando los genotipos 3, 8, 16, 17, 20, 23, 28, 32, 33, 35, 37, 38, 40, 41, 42 y 43, pero no superaron a los testigos Cerro prieto y GABYAN95.
- Las pruebas de vigor permiten obtener información relevante y efectiva para seleccionar materiales genéticos encontrando con el mayor vigor a los genotipos 6, 37 y 10 superando al testigo GABYAN95.
- Los genotipos 1, 6, 7, 10, 31, 37, 38, 44, así como los testigos Avena (var. Cuauhtémoc), Cerro Prieto, Trigo-AN-366-99 y Triticale (var. Eronga), mantuvieron su calidad aún después del envejecimiento acelerado.
- Los genotipos 1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 16, 19, 24, 31, 37, 38, 39, 44, 45, y los testigos Avena (var. Cuauhtémoc), Cerro Prieto, Trigo-AN-366-99 y Triticale (var. Eronga), tuvieron una respuesta mejor que la testigo cebada GABYAN95 en las variables de vigor (LMP, LMR y PS) después de envejecimiento acelerado. Sin embargo, los genotipos 6, 9, 10, 16, 19, 24, 37, y 45, destacaron en todas las variables de vigor, antes y después del envejecimiento acelerado.
- Por su respuesta de calidad fisiológica superior a los testigos, los genotipos 6, 9, 10, 16, 19, 24, 31, 37 y 45 pueden considerarse candidatos a registrarse como nuevas variedades

## VI. LITERATURA CITADA

- Ambler JR, Morgan PW, Jordania WR. 1987. La regulación genética de senescence en un césped tropical. En: THOMSON WW, NOTHNAGEL, EA, Huffaker RC (eds) Senescence de la Planta: su bioquímica y la fisiología. La Sociedad americana de Fisiólogos de la Planta, Rockville, Maryland, EE.UU., pp 43-53.
- Association of Official Seed Analysis (AOSA). 1981. Rules for testing seeds. Journal of Seed Technology, 6 (2): 1-126.
- Association of Official Seed Analysis (AOSA).1992. Vigor Testing handbook. Contribution No.32 to the handbook of seed testing). USA. 6:1-126.
- Barros, T. S. and Filho, J. M. 2003. Accelerated aging of melon seeds. Scientia Agrícola. 60(1):77-82
- Besnier F. R. 1989. Semillas. Biología y tecnología. (2a edición) Ed. Mundiprensa. Madrid. p. 637.
- Bewley, J. D. and Black, M. 1994. Seeds: physiology of development and germination. 2 ed. Plenum Press, New York. 445 p.
- Boswell, V. R. y McKay, J. W. 1984. Semillas. USDA. Editorial Continental, S. A. de C. V. Novena impresión. p. 19-47.
- Bustamante G., L. 1982. Semillas: control y evaluación de su calidad. Memorias del Curso de Actualización Sobre Tecnología de Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y Asociación Mexicana de Semilleros, A.C. México. p. 99-106.
- Colín R.M., Zamora V.V.M., Lozano del R.A.J., Martínez Z.G. y, Torres T.M.A. 2007 Caracterización y selección de nuevos genotipos imberbes de cebada forrajera para el norte y centro de México. *Téc Pecu Méx* 45(3):249-262.
- Colín R.M., Zamora V.V.M., Torres T.M.A. y, Jaramillo S.M.A. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en el norte de México. *Téc Pecu Méx* 47(1):27-40.
- Delouche, J. C. 2002. Germinación, Deterioro y Vigor de semillas. *Seeds News*. Mississippi State University. E. U. A.

- Delouche J. C. 1986. Physiological seed quality. Short course for seedsman, Mississippi State's University. 27. 55-59.
- Deloya C.M. 2007. Estudio de gran visión y factibilidad económica y financiera para el desarrollo de infraestructura de almacenamiento y distribución de granos y oleaginosas para el mediano y largo plazo a nivel nacional. Consultada por Internet el 20 de septiembre del 2017. Dirección de internet: [http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios\\_promercado/G\\_RANOS.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/Estudios_promercado/G_RANOS.pdf)
- Diario Oficial de la Federación (DOF). 2012. Ley Federal de Producción, Certificación y Comercio de Semillas. 17p.
- Donato G. y M.S. B. Loza. 2017. Desde la industria: Importancia de la calidad de la cebada cervecera para el malteo. Nota Técnica. Cangüe. [http://www.eemac.edu.uy/canguel/joomdocs/canguel\\_38/Canguel38\\_industria.pdf](http://www.eemac.edu.uy/canguel/joomdocs/canguel_38/Canguel38_industria.pdf)
- 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.
- Fernández, S. J. 1985. Glosario de términos usados en semillas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali. Colombia. 11pag.
- Forage Barleys for Manitoba. 2006. What are Forage Barleys. Bolletín Canadá.
- García, C. A. y J. Ayala. 1981. Evaluación del potencial forrajero de avena, cebada, triticale y sorgo en tres localidades de Zacatecas bajo condiciones de temporal. Resúmenes de investigación del IANOC. en forrajes I.N.I.A. México.
- Guiamet J.J. Acciaresi H. Tambussi E. A. 2010. Senescencia foliar: regulación e impacto sobre el rendimiento de los cultivos. Nuevos avances en ecofisiología de cultivos de granos. 1ed. Buenos Aires. p91-108.
- Gustavo Donato y Mercedes S. L. B. 2017. Desde la Industria: Importancia de la calidad de la cebada cervecera para el malteo. Cangüe 38.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2009. International rules for seed testing Edition 2009. *The International Seed Testing Association*, Zürichstr. 50 CH-8303 Bassersdorf, Switzerland. ISBN-13 978-3-906549-53-8.

- López M. V. 1983. Memorias del curso de actualización sobre tecnología de semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México.
- Lucas, H. L. 1963. Determination of forage yield on quality from animal responses. In range research methods: A symposium U. S. Dept. Agr. Music. Public. 940. Pp 43-54.
- McDaniel, M. B., Jr. 1969. Relationships of seed weight, seedling vigour and mitochondrial metabolism in barley. *Crop Sci.* 9 (6): 823- 827.
- McDonald, M. B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair, and assessment. *Seed Sci. Technol.* 27:177-237.
- Nebreda, I. M., and P. C. Parody. 1977. Effect of seed type on coleoptiles length and weight in Triticale (*X. triticosecale* Wittmack.) *Cereal Res. Commun.* 5 (4): 387- 395.
- Oscar Di Marco. 2012. Estimación de calidad de los forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias. Unidad Integrada Balcarce INTA, Balcarce.
- 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.
- Poehlman J.M 1981. Mejoramiento genético de las cosechas. Ed: LIMUSA México.
- Poland, W., H. Peterson, R. Ashley and L. Tisor. 2004. Effect of species and variety type on yield and nutritional quality of small grain forage. *Proceeding, western section, American Society of Animal Science* Vol. 55.
- Popinigis, F. 1985. *Fisiología da semillas*. 2a. ed. Brasil. 269 p.
- Powell, A. A. 1995. The controlled deterioration test. In: *Congress of the international seed testing association, 24, Copenhagen. Seed vigour testing: contributions to a seminar. Zurich: International Seed Testing Association.* p. 73-87.
- Rosenow DT, Quisenberry JE, Wendt CW, Clark LE. 1983. El sorgo sequedad-tolerante y germoplasma de algodón. *Agric Water Mánege* 7:207–222.
- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2017. *Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Cebada grano Mexicano.*

- SAGARPA. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2016. Cierre preliminar de producción de cebada en el país.
- SIAP-SAGARPA – .Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera-Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. 2012. Cierre de la producción agrícola por estado: Anuario estadístico de la producción agrícola. D. F., México.. Dirección de internet: [http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com\\_wrapper&view=wrapper&Itemid=351](http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=351).
- SAS Institute Inc. 2009. Base SAS® 9.1.3 Procedures Guide. Second Edition, Vol. 4. Cary, NC: SAS Institute Inc. USA. 398 p.
- Thomas H. y Howarth C.J. 2000. Five ways to stay green. *J Exp Bot* 51:329-337.
- Thomson, J. R. 1979. An introduction to seed technology. Thomson Litho Ltd. East Kilbride, Scotland. Great Britain. pp 1-15.
- Vashisth, A. 2009. Germination characteristics of seeds of maize (*Zea mays* L.) exposed to magnetic fields under accelerated ageing conditions. *J. Agric. Physics*. 9:55-58.
- Zar J.H. 1996. Biostatistical analysis. 3rd° Ed. Prentice-Hall. Inc. Upper Saddle River. New Jersey. 662 pp.
- Zeferino, F. V. 2012. Nuevas variedades de cebada cervecera adaptadas a México. Impulsora Agrícola S.A DE C.V.
- **Citas consultadas en páginas de internet.**
  - <http://www.osuextra.com>
  - <http://www.perulactea.com/2014/12/05/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-los-forrajes/>.

## APÉNDICE

**Cuadro A1. Prueba de comparación de medias de las variables de capacidad de germinación en los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.**

Genotipo	PN* Media (%)	Grupo estadístico	Genotipo	PA* Media (%)	Grupo estadístico	Genotipo	SSG* Media (%)	Grupo estadístico
35	99.111	A	49	4.4444	A	41	15.556	A
47	99.111	A	12	2.6667	B	20	14.667	AB
32	98.222	AB	29	1.3333	BC	28	13.778	ABC
37	97.778	ABC	36	1.3333	BC	29	12.000	ABCD
3	97.333	ABCD	19	0.8889	C	27	10.222	BCDE
10	97.333	ABCD	2	0.8889	C	39	10.222	BCDE
26	97.333	ABCD	7	0.8889	C	43	9.778	CDEF
14	96.889	ABCDE	50	0.8889	C	24	8.889	DEFG
16	96.889	ABCDE	25	0.8889	C	21	8.889	DEFG
17	96.889	ABCDE	24	0.8889	C	42	8.000	DEFGH
34	96.889	ABCDE	45	0.8889	C	5	7.556	DEFGHI
48	96.889	ABCDE	4	0.8889	C	45	7.111	EFGHIJK
50	96.889	ABCDE	11	0.4444	C	11	6.667	EFGHIJK
6	96.444	ABCDEF	6	0.4444	C	7	6.222	EFGHIJKL
30	96.444	ABCDEF	15	0.4444	C	49	6.222	EFGHIJKL
33	96.444	ABCDEF	14	0.4444	C	40	5.778	EFGHIJKL
46	96.444	ABCDEF	1	0.4444	C	4	5.778	EFGHIJKL
9	95.556	ABCDEFHG	10	0.4444	C	31	5.778	EFGHIJKL
22	95.556	ABCDEFHG	27	0.4444	C	23	5.778	EFGHIJKL
36	95.556	ABCDEFHG	48	0.4444	C	18	5.333	FGHIJKLM
38	95.556	ABCDEFHG	5	0.4444	C	8	5.333	FGHIJKLM
13	95.111	ABCDEFHGH	22	0.4444	C	44	4.889	GHIJKLM
1	95.111	ABCDEFHGH	39	0.4444	C	25	4.889	GHIJKLM
15	94.667	ABCDEFHGH	44	0.4444	C	15	4.889	GHIJKLM
19	94.667	ABCDEFHGH	9	0.4444	C	38	4.444	GHIJKLM
44	94.667	ABCDEFHGH	26	0.4444	C	2	4.444	GHIJKLM
2	94.667	ABCDEFHGH	31	0.4444	C	1	4.444	GHIJKLM
23	94.222	ABCDEFHGH	30	0.4444	C	13	4.444	GHIJKLM
25	94.222	ABCDEFHGH	21	0.4444	C	19	4.444	GHIJKLM
40	94.222	ABCDEFHGH	34	0.4444	C	22	4.000	HIJKLM
18	94.222	ABCDEFHGH	13	0.4444	C	12	4.000	HIJKLM
31	93.778	BCDEFGH	46	0.4444	C	9	4.000	HIJKLM
4	93.333	BCDEFGH	18	0.4444	C	33	3.556	HIJKLM
12	93.333	BCDEFGH	3	0.0000	C	46	3.111	IJKLM
11	92.889	CDEFGHI	35	0.0000	C	6	3.111	IJKLM
7	92.889	CDEFGHI	8	0.0000	C	16	3.111	IJKLM
8	92.444	DEFGHI	33	0.0000	C	36	3.111	IJKLM
5	92.000	EFGHI	32	0.0000	C	17	3.111	IJKLM
45	92.000	EFGHI	23	0.0000	C	34	2.667	JKLM
42	91.556	EFGHIJ	20	0.0000	C	30	2.667	JKLM
21	90.667	GHIJK	41	0.0000	C	14	2.667	JKLM
24	90.667	GHIJK	40	0.0000	C	48	2.667	JKLM
43	90.222	HIJKL	43	0.0000	C	3	2.667	JKLM
49	89.333	IJKLM	28	0.0000	C	26	2.222	KLM

27	89.333	IJKLM	37	0.0000	C	37	2.222	KLM
39	89.333	IJKLM	38	0.0000	C	10	2.222	KLM
29	86.66	JKLM	47	0.0000	C	50	2.222	KLM
28	85.778	KLM	16	0.0000	C	32	1.778	LM
20	85.333	LM	17	0.0000	C	35	0.889	M
41	84.444	M	42	0.0000	C	47	0.889	M

\*PN= Plántulas normales; PA= Plántulas Anormales; SSG= Semillas sin Germinar

**Cuadro A2. Prueba de comparación de medias de las variables de vigor de germinación en los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.**

Genotipo	Primer Coteo Media (%)	Grupo estadístico	Genotipo	LMP* Media (%)	Grupo estadístico	Genotipo	LMR* Media (%)	Grupo estadístico
26	96.889	A	35	12.4578	A	49	13.3756	A
47	96.000	AB	6	12.3511	AB	47	12.5956	AB
34	96.000	AB	48	12.3378	ABC	50	11.8022	BC
10	95.111	ABC	3	12.3244	ABC	37	10.9678	CD
37	94.222	ABCD	47	12.3067	ABC	25	10.5133	DE
6	94.222	ABCD	26	12.1289	ABCD	46	10.4789	DE
3	93.778	ABCD	2	12.0400	ABCDE	22	10.3189	DE
48	93.778	ABCD	37	12.0356	ABCDE	6	10.2678	DEFG
9	92.889	ABCDE	10	12.0133	ABCDE	17	10.2222	DEFGH
2	92.889	ABCDE	23	11.9289	ABCDE	48	10.1300	DEFGH
23	92.444	ABCDEF	4	11.9200	ABCDEF	5	9.9878	DEFGHI
40	92.444	ABCDEF	34	11.8667	ABCDEF	3	9.7789	DEFGHI
4	92.000	ABCDEFG	25	11.8311	ABCDEFG	26	9.7511	DEFGHIJK
36	92.000	ABCDEFG	38	11.8267	ABCDEFG	19	9.7322	EFGHIJK
1	91.556	ABCDEFGH	13	11.7511	ABCDEFGH	39	9.6800	EFGHIJKL
30	91.556	ABCDEFGH	32	11.7111	ABCDEFGH	2	9.6778	EFGHIJKL
13	91.556	ABCDEFGHI	22	11.7111	ABCDEFGH	9	9.4589	EFGHIJKLM
15	91.556	ABCDEFGHI	1	11.6933	ABCDEFGHI	31	9.3411	EFGHIJKLMN
44	90.667	ABCDEFGHIJ	33	11.6889	ABCDEFGHI	8	9.3089	EFGHIJKLMN
5	89.333	ABCDEFGHIJK	44	11.6711	ABCDEFGHIJ	18	9.2156	FGHIJKLMN
32	88.889	ABCDEFGHIJKL	9	11.6667	ABCDEFGHIJ	16	9.2144	FGHIJKLMNO
42	88.444	ABCDEFGHIJKLM	42	11.6133	ABCDEFGHIJK	23	9.1844	FGHIJKLMNO
8	88.000	BCDEFGHIJKLM	36	11.5600	ABCDEFGHIJK	24	9.1333	FGHIJKLMNOP
22	88.000	BCDEFGHIJKLM	12	11.5111	BCDEFGHIJKL	41	9.0578	GHIJKLMNOP
12	87.111	CDEFGHIJKLM	18	11.5111	BCDEFGHIJKL	4	9.0233	HIJKLMNOPQ
31	86.222	DEFGHIJKLMN	19	11.5067	BCDEFGHIJKL	20	8.8667	HIJKLMNOPQR
14	86.222	DEFGHIJKLMN	16	11.5022	BCDEFGHIJKL	21	8.8667	JKLMNOPQR
18	86.222	DEFGHIJKLMN	15	11.4356	CDEFGHIJKLM	35	8.6244	JKLMNOPQR
27	84.889	EFGHIJKLMN	24	11.2622	DEFGHIJKLMN	15	8.6167	JKLMNOPQR
24	84.444	EFGHIJKLMN	8	11.2356	DEFGHIJKLMN	30	8.6100	JKLMNOPQR
35	84.000	FGHIJKLMN	5	11.2000	EFGHIJKLMN	27	8.5833	JKLMNOPQR
33	83.556	GHIJKLMN	14	11.1467	EFGHIJKLMN	34	8.5267	KLMNOPQR
29	83.556	GHIJKLMN	39	11.0889	FGHIJKLMN	45	8.4833	LMNOPQRS
25	83.111	HIJKLMNO	40	11.0622	FGHIJKLMN	1	8.3111	MNOPQRST
28	83.111	HIJKLMNO	7	11.0444	FGHIJKLMN	38	8.3000	MNOPQRST
11	82.667	IJKLMNO	21	11.0222	FGHIJKLMN	28	8.2378	MNOPQRSTU
39	82.667	IJKLMNO	50	10.9244	GHIJKLMNO	40	8.2167	NOPQRSTU
19	82.222	JLMNO	27	10.8800	HIJKLMNO	11	8.1911	NOPQRSTU
21	81.778	KLMNO	30	10.8622	IJKLMNO	12	8.0667	OPQRSTUV
50	80.889	KLMNO	29	10.7867	IJKLMNO	43	8.0467	OPQRSTUV
20	80.444	LMNO	11	10.7689	JLMNO	32	8.0189	OPQRSTUV
41	80.000	MNO	17	10.7467	KLMNO	7	7.9478	PQRSTUV
7	80.000	MNO	31	10.6267	LMNO	44	7.8333	QRSTUV
45	78.222	NO	45	10.6178	LMNO	14	7.7500	RSTUV
16	78.222	NO	43	10.5733	MNO	42	7.6467	RSTUV

43	74.667	OP	41	10.5556	MNO	33	7.2989	STUV
38	74.667	OP	20	10.4711	NO	10	7.1278	TUV
17	67.111	P	28	10.4667	NO	29	7.0356	UV
46	66.222	PQ	46	10.0667	O	13	7.0233	UV
49	57.778	Q	49	8.6578	P	36	6.8767	V

\*LMP= Longitud media de plúmula; LMR= Longitud media de radícula

**Cuadro A3. Prueba de comparación de medias de la variable de vigor de Tasa de crecimiento de plántula (Peso Seco) en los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.**

Genotipo	Peso Seco Media (%)	Grupo estadístico
19	0.021667	A
38	0.018667	B
23	0.018222	BCD
21	0.017667	BCDE
2	0.017556	BCDE
50	0.017556	BCDE
6	0.017222	BCDEF
3	0.017222	BCDEF
8	0.017000	BCDEFG
24	0.017000	BCDEFG
12	0.016889	BCDEFG
37	0.016778	BCDEFGH
22	0.016778	BCDEFGHI
48	0.016556	BCDEFGHI
4	0.016556	BCDEFGHIJ
25	0.016333	BCDEFGHIJ
28	0.016222	BCDEFGHIJK
10	0.016111	BCDEFGHIJK
33	0.016111	BCDEFGHIJK
20	0.016111	BCDEFGHIJK
39	0.016000	BCDEFGHIJK
35	0.015889	BCDEFGHIJK
26	0.015667	CDEFGHIJK
5	0.015889	CDEFGHIJK
41	0.015444	CDEFGHIJK
27	0.015444	CDEFGHIJK
42	0.015444	CDEFGHIJK
13	0.015111	DEFGHIJK
15	0.015000	DEFGHIJK
18	0.014778	DEFGHIJKL
40	0.014778	DEFGHIJKL
29	0.014667	FGHIJKL
32	0.014667	FGHIJKL
17	0.014333	GHIJKLM
1	0.014333	GHIJKLM
45	0.014222	GHIJKLM
16	0.014222	GHIJKLM
36	0.014000	HIJKLMN

44	0.014000	HIJKLMN
34	0.013778	IJKLMN
14	0.013667	IJKLMN
31	0.013556	IJKLMN
11	0.013444	KLMN
47	0.013444	KLMN
43	0.013444	KLMN
9	0.013444	KLMN
7	0.012000	LMN
49	0.011778	MN
30	0.011333	N
46	0.007889	O

**Cuadro A4. Prueba de comparación de medias de las variables de capacidad de germinación después del envejecimiento acelerado en los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.**

Genotipo	*PNEA Media (%)	Grupo estadístico	Genotipo	*PAEA Media (%)	Grupo estadístico	Genotipo	*SSGEA Media (%)	Grupo estadístico
10	86.67	A	49	9.333	A	34	72.00	A
47	85.33	AB	46	6.667	AB	33	70.67	AB
38	80.00	ABC	39	6.667	AB	26	65.33	ABC
46	80.00	ABC	37	6.667	AB	28	62.67	ABC
1	78.67	ABCD	35	5.333	ABC	43	57.33	ABCDE
50	77.33	ABCDE	17	5.333	ABC	41	56.00	ABCDEF
6	74.67	ABCDEF	13	5.333	ABC	15	52.00	ABCDEF
37	72.00	ABCDEF	29	5.333	ABC	24	52.00	ABCDEF
7	72.00	ABCDEF	20	4.000	BCD	21	50.67	BCDEF
49	72.00	ABCDEF	2	4.000	BCD	16	49.33	CDEF
31	72.00	ABCDEF	40	4.000	BCD	35	49.33	CDEF
44	70.67	ABCDEF	6	4.000	BCD	30	45.33	CDEF
39	69.33	ABCDEF	12	4.000	BCD	19	42.67	DEF
8	65.33	BCDEF	38	4.000	BCD	20	42.67	DEF
5	65.33	BCDEF	3	4.000	BCD	45	41.33	EFG
4	65.33	BCDEF	44	4.000	BCD	48	40.00	EFG
32	65.33	BCDEF	47	4.000	BCD	13	40.00	EFG
3	64.00	CDEF	21	4.000	BCD	11	40.00	EFG
27	64.00	CDEF	42	2.667	BCD	22	38.67	EFG
2	64.00	CDEF	32	2.667	BCD	40	38.67	EFG
18	64.00	CDEF	19	2.667	BCD	23	38.67	EFG
12	62.67	CDEF	18	2.667	BCD	42	37.33	EFG
25	61.33	CDEF	23	2.667	BCD	17	37.33	EFG
36	61.33	CDEF	24	2.667	BCD	14	37.33	EFG
14	61.33	CDEF	9	2.667	BCD	9	37.33	EFG
9	60.00	CDEF	34	2.667	BCD	36	37.33	EFG
11	60.00	CDEF	7	2.667	BCD	27	36.00	F
42	60.00	CDEF	4	2.667	BCD	25	36.00	F
23	58.67	DEF	25	2.667	BCD	18	33.33	G
48	58.67	DEF	22	2.667	BCD	12	33.33	G
22	58.67	DEF	1	2.667	BCD	5	33.33	G
45	57.33	EFG	8	2.667	BCD	29	33.33	G
17	57.33	EFG	33	2.667	BCD	2	32.00	G

40	57.33	EFGHIJ	50	2.667	BCD	4	32.00	GHIJKLMN
29	54.67	FGHIJK	31	1.333	CD	3	32.00	GHIJKLMN
19	54.67	FGHIJK	36	1.333	CD	8	32.00	GHIJKLMN
13	54.67	FGHIJK	15	1.333	CD	32	32.00	GHIJKLMN
20	53.33	GHIJK	14	1.333	CD	7	25.33	HIJKLMNO
16	50.67	HIJKL	5	1.333	CD	44	25.33	HIJKLMNO
15	46.67	IJKLM	48	1.333	CD	39	24.00	IJKLMNO
21	45.33	IJKLM	45	1.333	CD	31	22.67	IJKLMNO
30	45.33	IJKLM	26	1.333	CD	6	21.33	JKLMNO
35	45.33	IJKLM	41	1.333	CD	37	21.33	JKLMNO
24	45.33	IJKLM	28	1.333	CD	50	20.00	KLMNO
41	42.67	JKLM	10	1.333	CD	1	18.67	LMNO
43	42.67	JKLM	11	0.000	D	49	18.67	LMNO
28	36.00	KLM	27	0.000	D	38	14.67	MNO
26	33.33	LM	16	0.000	D	46	13.33	MNO
33	28.00	M	43	0.000	D	10	12.00	NO
34	28.00	M	30	0.000	D	47	10.67	O

\*PNEA= Plántulas normales después de envejecimiento acelerado; PAEA= Plántulas anormales después del envejecimiento acelerado; SSGEA= Semillas sin germinar después del envejecimiento acelerado.

**Cuadro A5. Prueba de comparación de medias de las variables de vigor después del envejecimiento acelerado en los genotipos estudiados. Zaragoza, 2017.**

Genotipo	LMPEA Media (%)	Grupo estadístico	Genotipo	LMREA Media (%)	Grupo estadístico	Genotipo	PSEA Media (%)	Grupo estadístico
47	9.493	A	49	17.8433	A	9	19.367	A
10	9.333	AB	50	15.4833	B	4	19.000	AB
1	9.187	ABC	37	14.7767	BC	24	18.763	ABC
31	8.773	ABCD	46	14.7000	BC	19	18.540	ABCD
6	8.600	ABCDE	47	14.2500	BCD	45	18.433	ABCDE
4	8.360	ABCDEF	6	14.0233	BCD	48	17.617	ABCDEF
50	8.267	ABCDEFG	13	13.8367	BCDEF	13	17.060	ABCDEFG
38	8.267	ABCDEFG	16	13.7467	BCDEFG	3	17.010	ABCDEFGH
8	8.107	ABCDEFG	22	13.4767	CDEFGH	8	16.853	ABCDEFGH
49	8.107	ABCDEFGH	4	13.4067	CDEFGHI	17	16.677	ABCDEFGH
2	8.053	ABCDEFGHI	39	13.3333	CDEFGHIJ	33	16.427	ABCDEFGHI
37	7.813	ABCDEFGHIJ	3	13.3333	CDEFGHIJK	26	16.420	ABCDEFGHI
39	7.707	ABCDEFGHIJK	24	13.0533	CDEFGHIJKL	14	16.237	ABCDEFGHI
46	7.493	ABCDEFGHIJK	5	13.0367	CDEFGHIJKL	10	15.763	ABCDEFGHIJ
11	7.373	ABCDEFGHIJKL	27	13.0000	CDEFGHIJKL	2	15.740	ABCDEFGHIJ
45	7.240	ABCDEFGHIJKL	17	12.9400	CDEFGHIJKLM	25	15.370	ABCDEFGHIJ
32	7.160	BCDEFGHIJKLM	42	12.9167	CDEFGHIJKLM	30	15.303	ABCDEFGHIJ
3	7.040	BCDEFGHIJKLMN	18	12.8433	CDEFGHIJKLMN	1	15.197	ABCDEFGHIJ
12	7.027	BCDEFGHIJKLMN	32	12.8400	CDEFGHIJKLMN	11	15.150	ABCDEFGHIJ
19	6.947	CDEFGHIJKLMN	23	12.8367	CDEFGHIJKLMN	6	15.147	ABCDEFGHIJ
27	6.747	DEFGHIJKLMN	25	12.7400	DEFGHIJKLMN	37	15.080	ABCDEFGHIJ
5	6.733	DEFGHIJKLMN	48	12.6033	DEFGHIJKLMN	27	15.023	ABCDEFGHIJ
7	6.627	DEFGHIJKLMN	10	12.4833	DEFGHIJKLMN	28	14.933	ABCDEFGHIJ
44	6.613	DEFGHIJKLMN	2	12.4067	DEFGHIJKLMN	12	14.893	ABCDEFGHIJ
14	6.547	DEFGHIJKLMNO	26	12.2967	DEFGHIJKLMN	38	14.780	ABCDEFGHIJ
9	6.520	DEFGHIJKLMNO	28	12.2700	EFGHIJKLMN	16	14.763	ABCDEFGHIJ
25	6.480	DEFGHIJKLMNO	8	12.2600	EFGHIJKLMN	43	14.743	ABCDEFGHIJ

13	6.440	EFGHIJKLMNO	21	12.2500	EFGHIJKLMN	32	14.650	ABCDEFGHIJ
36	6.373	EFGHIJKLMNOP	7	12.1900	EFGHIJKLMNO	5	14.587	ABCDEFGHIJ
17	6.227	FGHIJKLMNOP	14	12.0233	FGHIJKLMNOP	50	14.580	ABCDEFGHIJ
18	6.160	FGHIJKLMNOPQ	9	11.9633	FGHIJKLMNOP	20	14.330	ABCDEFGHIJ
42	5.987	GHIJKLMNOPQR	40	11.8633	GHIJKLMNOP	22	14.313	BCDEFGHIJ
16	5.947	GHIJKLMNOPQR	19	11.8333	GHIJKLMNOP	42	14.117	BCDEFGHIJ
20	5.867	HIJKLMNOPQRS	41	11.7000	HIJKLMNOPQ	36	13.983	BCDEFGHIJ
30	5.760	IJKLMNOPQRS	43	11.6267	HIJKLMNOPQ	35	13.773	CDEFGHIJ
24	5.707	JKLMNOPQRS	20	11.5033	IJKLMNPPQ	31	13.617	DEFGHIJ
40	5.667	JKLMNOPQRS	38	11.4167	JKLMNOPQR	34	13.407	EFGHIJ
15	5.560	JKLMNOPQRS	30	11.2867	KLMNOPQRS	41	13.217	FGHIJ
43	5.413	KLMNOPQRS	15	11.2600	KLMNOPQRS	15	13.163	FGHIJ
23	5.413	KLMNOPQRS	45	11.1133	LMNOPQRS	40	13.007	FGHIJ
22	5.147	LMNOPQRS	33	11.0967	LMNOPQRS	29	12.747	FGHIJ
29	4.840	MNOPQRST	31	10.9833	MNOPQRST	44	12.720	FGHIJ
48	4.827	NOPQRST	12	10.9233	NOPQRST	39	12.677	FGHIJ
28	4.733	NOPQRST	36	10.2900	OPQRST	49	12.437	GHIJ
26	4.227	OPQRST	11	10.2867	OPQRST	7	12.373	GHIJ
35	4.107	PQRST	1	10.1933	PQRST	47	12.270	GHIJ
41	3.893	QRST	35	9.7667	QRST	21	12.003	HIJ
21	3.787	RST	34	9.5867	RST	18	11.480	IJK
33	3.560	ST	29	9.3833	ST	23	11.097	JK
34	2.707	T	44	9.0667	T	46	6.720	K

LMPEA= Longitud media de plúmula después del envejecimiento acelerado; LMREA=Longitud media de radícula después del envejecimiento acelerado; PSEA= Peso seco después del envejecimiento acelerado.