

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Producción de Materia Seca y Correlaciones entre Componentes Forrajeros,  
Temperatura de Planta y NDVI en Cebada

Por:

**LUZ ORALIA RAMÍREZ PÉREZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Febrero 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Producción de Materia Seca y Correlaciones entre Componentes Forrajeros,  
Temperatura de Planta y NDVI en Cebada

Por:

**LUZ ORALIA RAMÍREZ PÉREZ**

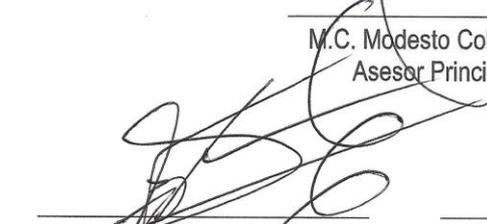
TESIS

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

  
Dr. Víctor Manuel Zamora Villa  
Coasesor

  
Dr. Alejandro Javier Lozano Del Río  
Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México  
Febrero 2018

## AGRADECIMIENTOS

A Mi **Alma Mater** por haberme dado la oportunidad de ser parte de esta gloriosa y noble institución, y convertirme en Ingeniero Agrónomo en Producción.

Al **Departamento de Fitomejoramiento** por haberme brindado las herramientas necesarias para mi formación académica y ser un lugar donde forjé grandes amistades.

A Mis **Profesores** porque todos y cada uno de ellos fueron partícipes en mi formación, gracias por haber compartido sus experiencias y conocimientos.

Al **M.C. Modesto Colín Rico**. Por la confianza brindada y darme la oportunidad de trabajar con él. Por la paciencia y el apoyo en todo el trabajo experimental y desarrollo de tesis. Por su gran dedicación, atención y disponibilidad de trabajo.

Al **Dr. Víctor Manuel Zamora Villa**. Por la gran ayuda que me brindo en el área de estadística, por su tiempo dedicado al trabajo, la revisión y su gran amistad.

Al **Dr. Alejandro Javier Lozano del Rio**. Por su valioso tiempo dedicado a la revisión de tesis.

A mis Compañeros de la **Generación CXXIV**. Por su amistad y apoyo. Les deseo mucho éxito en su vida profesional.

Al **Ing. Francisco Ursiel y Familia**. Por todo el apoyo brindado en mis prácticas profesionales, por sus valiosos consejos, y su gran amistad. Estando en un lugar nuevo me hicieron sentir en familia. No tengo como agradecerles toda la atención brindada.

A mis amigas (os) **Claudia, Alondra, Citlalli, Rosy, Rodrigo Grimaldo**. Conocerlos fue una de las mejores experiencias durante mi formación académica. Supieron darme las palabras exactas para no rendirme. Estuvieron en los momentos felices y tristes. Sin duda alguna han dejado una gran huella en mi vida.

A **Juan Antonio**. Por ser quien me acompañó durante casi toda la carrera, y estuvo para mí en los mejores momentos. Por apoyarme y nunca dejarme caer, siempre supiste ganarte un gran lugar en mi vida.

## DEDICATORIAS

### Con Amor y Respeto a mis Padres.

A mi padre **Aron Ramírez Zunún**. Por todo el apoyo que me brindaste, siempre estuviste cuando más te necesitaba, me dijiste las palabras correctas en el momento correcto. Gracias por tu paciencia y nunca dejarme sola.

A mi madre **Andrea Pérez Morales**. Por todo el amor que me das, el apoyo, tanto moral como económico, por tus sabias palabras y valiosos consejos, siempre supiste impulsarme a seguir adelante, por ser uno de los pilares de nuestra familia, gracias por creer en mí.

A mis hermanos **Noelia, Hortencia, Imer (†), Eliceni, Jesús**, gracias por todos los consejos que me dan, sé que lo único que quieren es verme bien, por todos los buenos momentos que hemos pasado en familia, siempre serán parte fundamental de mi vida.

A mis sobrinos **Jesuany, Dayana, Jostin, Andrea**, siempre supieron sacarme una sonrisa en los malos momentos, agradezco todo el cariño que me brindan.

A mi hermano **Imer (†)**, a pesar de las circunstancias que pasaste siempre me apoyaste, estuviste cuando más te necesitaba, gracias por todo el cariño y amor que me diste y sé que me das todo tu amor desde el Cielo. Siempre en mi corazón hermano.

A mi Abuelos **Amílcar Ramirez y Librado Pérez (†)**, fueron uno de los grandes motivos para salir adelante, sus consejos y bellas palabras las llevo presentes.

Este logro se lo dedico a mis queridos Padres y a mi hermano, que me dan todo el amor y paciencia, sé que más de alguna vez se quitaron algo para dármele a mí, y estoy infinitamente agradecida con ustedes, y espero que Dios me permita agradecerles. Son lo más esencial en mi vida.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>INDICE DE CUADROS</b> .....	vii
<b>RESUMEN</b> .....	viii
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>Objetivos</b> .....	3
<b>Hipótesis</b> .....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	4
<b>Origen geográfico de la cebada</b> .....	4
<b>Clasificación taxonómica</b> .....	4
<b>Genética de la cebada</b> .....	5
<b>Descripción botánica de la cebada</b> .....	5
<b>Importancia económica de la cebada</b> .....	7
<b>Aprovechamiento de la cebada</b> .....	8
<b>Composición química y valor nutritivo de la cebada</b> .....	8
<b>Condiciones ecológicas y edáficas</b> .....	9
<b>Fisiología de la resistencia a la sequia</b> .....	9
<b>Características de una especie forrajera</b> .....	10
<b>Calidad forrajera</b> .....	11
<b>Calidad de los granos</b> .....	11
<b>Principales plagas de la cebada</b> .....	11
<b>Principales enfermedades de la cebada</b> .....	13
<b>Control de malas hierbas</b> .....	15
<b>NDVI y Temperatura de dosel</b> .....	16
<b>Correlaciones</b> .....	17
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	19
<b>Localización y descripción del sitio experimental</b> .....	19
<b>Desarrollo del experimento en campo</b> .....	19
<b>Material genético evaluado</b> .....	19
<b>Preparación del terreno</b> .....	20
<b>Densidad de siembra</b> .....	20
<b>Fertilización</b> .....	20
<b>Fecha de siembra</b> .....	21
<b>Riegos</b> .....	21
<b>Parcela experimental</b> .....	21

<b>Muestreos</b> .....	21
<b>Datos registrados</b> .....	21
<b>Diseño experimental</b> .....	22
<b>Análisis estadístico</b> .....	23
<b>Análisis de varianza combinado</b> .....	24
<b>Comparación de medias</b> .....	24
<b>Coefficiente de variación</b> .....	25
<b>Correlaciones</b> .....	25
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	26
<b>Análisis de varianza para el primer muestreo</b> .....	26
<b>Análisis de varianza para el segundo muestreo</b> .....	32
<b>Análisis de varianza combinado a través de ambos muestreos</b> .....	38
<b>Correlaciones entre variables para el primer muestreo</b> .....	44
<b>Correlaciones entre variables para el segundo muestreo</b> .....	45
<b>Correlaciones entre variables con promedios de ambos muestreos</b> .....	46
<b>CONCLUSIONES</b> .....	48
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	49
<b>CITAS DE INTERNET</b> .....	53

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 2. 1. Principales países productores de Cebada a nivel Mundial .....</b>	<b>7</b>
<b>Cuadro 3. 1. Material genético evaluado .....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 3. 2. Características del análisis de varianza individual para las variables evaluadas.....</b>	<b>23</b>
<b>Cuadro 4. 1. Valores de cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para el primer muestreo .....</b>	<b>26</b>
<b>Cuadro 4. 2. Resultados de la Prueba de Comparación de Medias (DMS) entre variedades para el primer muestreo.....</b>	<b>30</b>
<b>Cuadro 4. 3. Valores de cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para el segundo muestreo. ....</b>	<b>32</b>
<b>Cuadro 4. 4. Resultados de la Prueba de Comparación de medias (DMS) entre variedades para el segundo muestreo .....</b>	<b>36</b>
<b>Cuadro 4. 5. Valores de cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado entre ambos muestreos. ....</b>	<b>39</b>
<b>Cuadro 4. 6. Resultados de la Prueba de Comparación de Medias (DMS) entre ambos muestreos .....</b>	<b>42</b>
<b>Cuadro 4. 7. Correlaciones entre variables para el primer muestreo .....</b>	<b>45</b>
<b>Cuadro 4. 8. Correlaciones entre variables para el segundo muestreo .....</b>	<b>46</b>
<b>Cuadro 4. 9. Correlaciones entre variables combinando ambos muestreos .....</b>	<b>47</b>

## RESUMEN

La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar el comportamiento de 31 líneas de cebada imberbe en cuanto a su producción de forraje y fracciones (tallos, hojas y espigas) además de la relación hoja-tallo, temperatura de planta e Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), estas dos últimas variables evaluadas en el segundo muestreo solamente; las líneas fueron formadas por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de Invierno de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), también se incluyeron; la variedad Avena Cuauhtémoc, la Cebada Cerro Prieto y el Triticale Eronga-83, ambos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP), además de la variedad experimental Trigo AN-266-99, también del Programa de Cereales de la UAAAN, todas ellas utilizadas como testigos. El experimento se llevó a cabo en el ejido San Ignacio, Municipio de San Pedro de las Colonias Coahuila, con la colaboración y apoyo de la Empresa Beta Santa Mónica, S.P.R de R.L.

Las variables que se consideraron en el experimento fueron: Altura de planta (ALT), peso seco de hojas (PSH), peso seco de tallos (PST), peso seco de espigas (PSE), forraje seco total (FST), relación hoja-tallo (RHT) en un primer muestreo, incorporando Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) y Temperatura de planta (T) en el segundo muestreo.

Se utilizó el diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento en dos muestreos, con sus respectivos análisis de varianza y pruebas de comparación de medias (DMS) tanto individuales como combinados.

Se realizaron análisis de correlación para conocer el grado de asociación entre las variables evaluadas.

En base a los resultados que se obtuvieron en este experimento, se pueden establecer las conclusiones siguientes:

Hay amplia variabilidad genética entre los materiales evaluados, lo cual quedó de manifiesto por las diferencias estadísticas entre las variedades en todas las variables evaluadas, tanto por muestreo como a través de muestreos. Las variedades que destacaron para producción de forraje seco total (FST), fueron: Narro-218-02, Narro-181-02, Narro-112-02 y Narro-97-02 para el primer muestreo: mientras que para el segundo sobresalieron Narro-127-02, Narro-178-02 y Narro-190-02.

Las correlaciones más consistentes fueron; de forma positiva, peso seco de espigas (PSE) con ETAPA, peso seco de hojas (PSH) con forraje seco total (FST), temperatura de planta (T) y NDVI; y de manera negativa, relación hoja-tallo (RHT) y ETAPA. Se puede afirmar que cuanto más joven es la planta al momento del muestreo, la proporción de hoja en el forraje (RHT) es mayor, aunque esto no siempre repercute en la producción total de materia seca. Las cebadas forrajeras imberbes son un recurso importante en la producción rápida de forraje invernal en comparación con avena, trigo y triticale.

**Palabras clave:** Cebada forrajera imberbe, producción de forraje, correlaciones simples, componentes forrajeros, NDVI y Temperatura de planta.

## INTRODUCCIÓN

El cultivo de cebada (*Hordeum vulgare L*) se conoce desde tiempos muy antiguos, originaria de Asia y Etiopía, es una de las plantas agrícolas domesticadas del comienzo de la agricultura; en investigaciones arqueológicas realizadas en el valle del río Nilo se encontraron restos de cebada alrededor de los 1500 años de antigüedad, además se encontró la utilización temprana del grano de cebada molida, se cultivaba para hacer harina para pan. (Hernández, 2006).

La cebada es considerada como un cultivo resistente a la sequía. Sus necesidades de agua para producir una unidad de peso de grano son menores que en otros cereales, y tiene el nivel de transpiración más bajo de los cereales de invierno. Por ello alrededor de los 2/3 de la producción mundial de cebada se localiza en regiones semiáridas, en muchas de las cuales la pluviometría es inferior a los 300 mm, como sucede en Oriente Medio y el Norte de África, donde es el cereal dominante (López, 1990).

A pesar de sus bondades, en México, la cebada poco se ha utilizado en la producción de forraje en comparación con la superficie que se le dedica en otros países, en algunos de los cuales existen programas de mejoramiento genético de esta especie como alternativa forrajera, orientados al uso del grano en la alimentación animal, pero que recientemente se han enfocado al rendimiento y calidad de la materia seca total y sus fracciones. (Colín *et al.*, 2007).

La Comarca Lagunera es la principal cuenca lechera de México y en épocas críticas como el periodo invernal requiere de opciones forrajeras con calidad nutritiva que le permita mantener la producción. Los cereales representan importantes alternativas para sostener la producción ganadera, poseen tolerancia a heladas durante el desarrollo vegetativo y su uso se ha extendido

en los últimos años, utilizándolos en pastoreo, verdeo, henificado, picado y ensilado. (Hughes *et al.*, 1974; Flores *et al.*, 1984; Colín *et al.*, 2009).

En la República Mexicana, los estados con mayor producción de cebada son Hidalgo, Tlaxcala y Puebla, pero en los últimos años se ha observado que la producción ha disminuido debido a diversos factores entre los que se encuentra el agotamiento de los suelos. En respuesta a este problema, y con el fin de disminuir la pérdida de suelos agrícolas por erosión, se ha planteado cambiar el sistema de labranza tradicional por sistemas de labranza mínima y rotación de cultivos, sistemas que presentan ventajas comparativas como son la mejoras de las características físicas, químicas y biológicas del suelo. (Contreras *et al.*, 2008).

Si bien la cebada como especie es generalmente el más precoz de los cereales del mismo ciclo (avena, centeno, trigo y triticale), sabemos que es posible dentro de la especie formar y seleccionar los genotipos con mayor producción de materia seca o biomasa en el menor tiempo posible (90 días o menos) del riego de siembra o fecha de siembra en tierra “venida” a cosecha de forraje, tal como lo han planteado expertos productores forrajeros en la Comarca Lagunera (la cuenca lechera más importante de México), lo cual les permite aprovechar eficientemente el poco tiempo disponible del otoño-invierno produciendo forraje invernal después del segundo ciclo de forraje de primavera-verano y antes del establecimiento del primero del mismo tipo.

La predicción del rendimiento de los cultivos antes de la cosecha, ha sido un objetivo prioritario tanto para aumentar el conocimiento de las relaciones clima/cultivo, como para generar información que se aproveche en la planeación y manejo de la producción agropecuaria. Se han desarrollado tecnologías satelitales y la utilización de sensores remotos, que permiten ser incorporados en los modelos de simulación de los cultivos, para calibrar o ajustar sus parámetros durante el período de simulación que sistematice e integre una base de datos del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado

(NDVI) a fin de asegurar la condición simulada del crecimiento, desarrollo o rendimiento del cultivo (Doraiswami *et al*; 2003).

Las tecnologías de infrarrojos se han vuelto una herramienta común en la investigación y se ha reportado que se asocian con la biomasa a producción de grano.

En base a lo anterior se plantea el presente trabajo de investigación bajo los siguientes objetivos e hipótesis:

### **Objetivos**

- Evaluar la producción de materia seca y sus fracciones a 31 líneas élite de cebada forrajera y cuatro variedades testigo (avena, cebada, trigo y triticale).
- Determinar de este grupo de genotipos cuales son los más convenientes por su producción en máximo 90 días después del riego de siembra.
- Relacionar las diferentes variables tanto agronómicas como de producción con el NDVI y temperatura de planta.

### **Hipótesis**

- Al menos uno de los genotipos de cebada en evaluación, exhibirá un comportamiento superior a las variedades testigo en cuanto a producción de materia seca.
- Los componentes de rendimiento de forraje, el NDVI y la Temperatura de la planta, se asocian positivamente con la producción de materia seca de este grupo de líneas.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen geográfico de la cebada

Según Brucher y Aberg, citados por Hughes *et al*, (1974) existen dos probables centros de origen, siendo uno de ellos Abisinia y el otro el sureste del Tíbet, donde crece la cebada en forma silvestre.

Poehlman (1981), cita que Vavilov describe dos centros de origen de la cebada. De un centro Etiopía y África del Norte proceden muchas de las variedades cubiertas, con barbas largas, mientras que del otro centro, China, Japón y el Tíbet, proceden las variedades desnudas, barbas cortas o sin barbas, y los tipos con granos cubiertos por caperuzas.

Se supone que donde se cultivó primeramente fue en el sudoeste de Asia, (más o menos 500 años A.C), región en que aún pueden hallarse las cebadas silvestres *Hordeum spontaneum* y *Hordeum ithuburense*. La primera es posiblemente el antepasado de las cebadas de dos carreras y la segunda puede ser el de los tipos de seis carreras (Robles, 1990).

### Clasificación taxonómica

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Subdivisión	Pteropsidae
Clase	Angiospermae
Subclase	Monocotiledóneas
Grupo	Glumiflora
Orden	Graminales
Familia	Poaceae
Genero	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>Vulgare</i>

## Genética de la cebada

Robles (1990), Menciona que el género *Hordeum* comprende cerca de 25 especies. Se encuentran tanto especies diploides como tetraploides. A diferencia del trigo y de la avena, las cebadas cultivadas son especies diploides.

Especies diploides ( $2n = 14$ )

Especies cultivadas. *Hordeum vulgare*, *H. distichum*, *H. irregulare*.

Especies silvestres. *H. spontaneum*, *H. agriocrithon*, *H. picillum*.

Especies tetraploides ( $4n = 28$ )

Especies silvestres. *H. murinum*, *H. bulbosum*, *H. jubatum*, *H. nodosum*.

## Descripción botánica de la cebada

Robles (1990), indica que la cebada tiene un hábito de crecimiento anual, con tendencia a convertirse en perenne bajo condiciones muy especiales. Existen variedades de primavera e invierno; las primeras tienen un ciclo corto de 80 a 90 días, se siembra a fines de invierno o a principio de primavera, usadas para la producción de grano. Las variedades de invierno poseen un ciclo hasta de 160 días, utilizadas para producción de forraje.

**Raíz:** El sistema radical de la cebada es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación de otros cereales.

**Tallo:** Cilíndricos, huecos y gruesos, formado por ocho entrenudos, los cuales son ligeramente más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos, los tallos llegan a medir en promedio de 20 cm las variedades cortas bajo condiciones de sequía y 154 cm en variedades altas en condiciones de buen manejo (Méndez, 2004).

**Hoja:** Las hojas de la cebada son más largas y de color más claro que las del trigo, siendo en general lisas y rara vez pubescentes; su ancho va entre 5 y 15

mm. Los cultivares primaverales se caracterizan por presentar hojas lisas, y los cultivares invernales presentan por hojas rizadas y más angostas.

Las hojas están compuestas por una vaina, una lámina, dos aurículas y una lígula. La vaina de cada hoja envuelve la sección del tallo ubicada sobre el nudo a partir del cual se origina; en la unión de la vaina con la lámina se observa un par de aurículas largas y abrazadoras, la lígula es lisa, corta y dentada.

**Inflorescencias:** Las inflorescencias corresponden a espigas, las cuales se caracterizan por ser compactas y generalmente barbadas. En *Hordeum distichum* L. Las espigas son largas y delgadas; en *Hordeum hexastichum* L, son más anchas y de menor longitud. La espiga es una extensión de tallo, tiene un raquis en forma de zig-zag de 2.5 a 12.7 cm. de longitud el cual cuenta con 10 a 30 nudos. La espiga está conformada por estructuras llamadas espiguillas, cada una integrada por el grano y dos glumas con barbas de longitud variable, lisas o aserradas, las espiguillas son alternas y están adheridas al raquis. Las variedades de 6 hileras (*Hordeum vulgare*) tienen 25 a 60 granos por espiga mientras que las de 2 hileras (*Hordeum vulgare*) tiene de 15 a 30. (Warren y Martin, 1970).

**Grano:** El grano de la cebada es parte de un fruto denominado cariósido, en el cual las paredes del ovario (pericarpio) y cubierta seminal (testa), están estrechamente unidas, siendo generalmente inseparables; el fruto, por lo tanto, es de carácter indehiscente. El grano está compuesto por pericarpio, endospermo y embrión, el cual está localizado en la parte dorsal del mismo, y su color puede ser crema, blanco, negro, rojo o azul; los últimos colores son el resultado de pigmentos de antocianina (Zúñiga, 1987).

## Importancia económica de la cebada

Pocos cultivos tienen la importancia de la cebada, ya que de la producción de este cereal dependen económicamente más de 36, 000 familias en las zonas temporales del país. La cebada tiene la ventaja que en países de invierno benigno se puede producir durante todo el año debido a su amplia adaptación, por lo cual se le considera de invierno y primavera.

Considerando las características que presenta la cebada en cuanto a su rusticidad, y tomando en cuenta que aproximadamente el 80% del área agrícola en nuestro país es de temporal, el aprovechamiento de este cultivo es de gran importancia para su establecimiento sobre todo en las áreas en las que otros cultivos no prosperan. (Hernández, 1987).

La cebada ocupa el cuarto lugar en importancia entre los cereales, después del trigo, maíz y arroz. La importancia se debe a su amplia adaptación ecológica y a su diversidad de aplicaciones. A continuación, se muestran los principales países productores a nivel mundial:

**Cuadro 2. 1. Principales países productores de Cebada a nivel Mundial**

<b>Países</b>	<b>Producción año 2001 (millones de toneladas)</b>	<b>Países</b>	<b>producción año 2001 (millones de toneladas)</b>
Alemania	13.589.000	China	4.000.000
Canadá	11.103.300	Polonia	3.339.747
Francia	9.851.000	Kazajstán	2.330.000
Ucrania	7.100.000	Finlandia	1.850.000
España	6.944.500	República checa	1.850.000
Reino Unido	6.690.000	Suecia	1.600.000
Turquía	6.600.000	Irán	1.400.000
Australia	5.893.000	Marruecos	1.216.000
E.E.U.U	5.737.510	México	0.639.000
Dinamarca	4.100.000	Uruguay	0.225.200

Fuente: [www.infoagro.com](http://www.infoagro.com)

## **Aprovechamiento de la cebada**

Guerrero (1977), menciona que el grano de la cebada suele destinarse a la alimentación del ganado, así como la paja de ésta.

La cebada se utiliza también para la producción de cerveza. Las variedades cerveceras suelen ser de dos carreras, debe poseer una capacidad germinativa de 95 %, el grano debe recolectarse bien maduro y seco, no debe tener un alto contenido de proteínas, además de que la variedad debe ser adecuada.

La cebada se emplea también como forrajera. Para este fin se siembra muy temprano en otoño para que nazca con las primeras aguas y alcance un buen desarrollo, ya que se suele sembrar para aprovechamiento “a diente” en el otoño y el invierno.

## **Composición química y valor nutritivo de la cebada**

Scade (1975), indica los siguientes componentes químicos.

<b>Composición media por 100 gr</b>	<b>%</b>
Proteína	12
Hidratos de carbono (fécula)	68
Grasa	2
Calcio	35
Hierro	4.9
Tiamina	0.5
Rivoflavina	0.2
Ácido colínico	7.0
Energía	340

Piccioni (1970), reporta, para la cebada forrajera fresca, una materia seca de 22.3%, proteína bruta de 3.0%, grasa de 0.7%, ELN de 10.9%, Fibra bruta de 5.6 %, cenizas de 2.0%; en tanto que, en estado de heno, corresponde un 89.5% de materia seca, 7.5% de proteína cruda, 1.8% de grasa, 49.2% de ELN, 25.0% de fibra bruta, y 6.3% de cenizas.

## **Condiciones ecológicas y edáficas**

La cebada es un cultivo de clima templado y crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos. Tolera bien las altas temperaturas en clima seco o la elevada humedad en clima fresco. La temperatura óptima de crecimiento durante el periodo vegetativo es de 15°C, y de 17-18°C en el espigado.

El cultivo de cebada se desarrolla frecuentemente en áreas con lluvias invernales escasas, en las cuales el ciclo de la planta se completa rápidamente. Por ello el cultivo alcanza la latitud de 70° N y 60° S.

La cebada crece bien en suelos francos o ligeramente arcillosos, bien drenados. El pH adecuado del suelo está entre 6 y 8.5, generalmente. La cebada es el cereal de mayor tolerancia a la salinidad, estimándose que puede soportar niveles de hasta 8 mmhos/cm, en el extracto de saturación del suelo, sin que sea afectado el rendimiento. (Bellido, 1991).

## **Fisiología de la resistencia a la sequía**

La cebada es más resistente a la sequía y madura más rápido que la avena.

Cuando la disponibilidad de agua por la planta es escasa, los procesos fisiológicos y metabólicos se ven afectados y consecuentemente su crecimiento, por lo que resulta imprescindible el conocimiento y cuantificación de su estado hídrico para estudiar su capacidad de adaptación a condiciones de estrés. El estado hídrico de una planta se define normalmente en términos de su contenido hídrico relativo (CHR), potencial hídrico ( $\Psi$ ), o de los componentes del potencial hídrico.

La medida del contenido hídrico relativo es muy sencilla por lo que ha sido ampliamente utilizada para indicar el estado hídrico de las plantas. Además, se ha observado una correlación positiva entre CHR y rendimiento en trigo (Clarke y Mccaig, 1982; Schonfeld *et al.*, 1988). Estas dos características son muy interesantes desde el punto de vista de la mejora, por lo que el CHR se ha utilizado como criterio de selección para tolerancia a sequía en distintos

cultivos: cebada (Matin *et al.*, 1989; Teulat *et al.*, 1997); trigo (Schonfeld *et al.*, 1988); maíz y soja (Bennett *et al.*, 1987).

Hernández *et al.*, (2017), cita que el mejoramiento de la adaptación y tolerancia a sequía puede conseguirse al identificar uno o más caracteres superiores en la planta, por ejemplo, “con el descubrimiento y generación de variación genética para caracteres agronómicos, desarrollo de genotipos con atributos nuevos o mejorados debido a combinaciones superiores de alelos en loci múltiples y la selección precisa de genotipos raros que posean características nuevas mejoradas” (Sorrells *et al.*, 2006).

### **Características de una especie forrajera**

Echeverri (1958), dice que las características más importantes de una especie forrajera de invierno son:

- Resistencia al frío para sobrevivir a las heladas.
- Resistencia a las enfermedades para que no se reduzca la producción ni la calidad del forraje.
- Tolerancia a la sequía y a las inundaciones.
- Capacidad para soportar periodos ocasionales de pastoreo
- Calidad nutricional del forraje
- Adaptabilidad para labores de cosecha.

También es conveniente que en las cebadas forrajeras se rompan fácilmente las barbas durante la trilla, en los países en donde se usa mucho la cebada para alimentación animal, generalmente ya se usan variedades imberbes. (Poehlman, 1981). Colín (2007), propone dos características más, alta proporción de hojas y con barba restringida o imberbes.

## **Calidad forrajera**

La calidad forrajera ha sido definida de diferentes 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 dan una idea de la calidad forrajera son palatabilidad, composición nutritiva y digestibilidad, energía total y producto rumiante final. La calidad de forraje ha sido estimada de plantas con atributos como proporción de hojas con respecto a tallos y estado de madurez de la planta (Lucas, 1963).

Una cebada para forraje deberá ser de barba suave o preferentemente, imberbe de espiga cubierta (Flores, 1977).

## **Calidad de los granos**

Parsons (1985), cita que la calidad de los granos es esencial para lograr buenos resultados económicos. Es necesario tomar medidas para que el producto tenga buena aceptación. Al respecto, se tomarán en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Que los granos estén libres de impurezas, tales como otros granos, semillas de malezas, granos dañados o quebrados.
- Que tenga un alto porcentaje de germinación.
- Que su humedad no sea más alta que el 14%.
- Que la variedad específica no se mezcle con otras.
- Que el tamaño sea uniforme.

## **Principales plagas de la cebada**

### **Pulgones de los cereales**

Son insectos pequeños de uno a dos milímetros, color verde con diferentes tonalidades, antenas largas y dos prolongaciones características en la parte

posterior del abdomen. En un año se pueden presentar de 5 hasta 14 generaciones; empiezan a reproducirse a temperaturas de 1 a 5° C.

Daño: varía de acuerdo con el número de insectos por planta, desde un amarillamiento ligero de las hojas hasta la muerte; para alimentarse introducen su aparato bucal en los tejidos para extraer la savia y al mismo tiempo inyectan una sustancia toxica que ocasiona la decoloración y muerte del tejido.

Control biológico: Generalmente enemigos naturales como catarinitas y avispidas parásitas controlan bien a los pulgones sin que éstos causen daños de importancia.

Control químico: Numerosos insecticidas fosforados y carbamatos brindan un control adecuado de la plaga. En la aplicación se recomienda un volumen mínimo de 12 litros de agua/ha con equipo aéreo. (Robles,1990).

### **Gallina ciega**

Las larvas son de color blanco sucio, cuerpo curvado, cabeza café y de 2 a 3 cm. de longitud; se encuentran abajo del suelo; se alimentan de un gran número de plantas cultivadas y silvestres. Los adultos son conocidos como mayates de junio, época en que abundan porque emergen al establecerse las lluvias; las hembras depositan sus huevecillos en el suelo, incuban en 2 a 3 semanas, cuando se acerca el invierno profundizan para protegerse del frío subiendo a las capas superiores cuando sube la temperatura.

Daños: Tanto adultos como larvas dañan hojas jóvenes tiernas de avena, trigo y cebada. El adulto se alimenta principalmente de brotes del grano, mientras que la larva come a lo largo del tejido entre las venas de la hoja.

Prácticas culturales: Se recomienda arar o rastrear para exponer las larvas y pupas al ataque de pájaros y a los rayos solares.

Realizar una rotación de cultivos que, eviten el establecimiento de la gallina ciega.

Control químico: Cuando el caso lo requiera conviene aplicar al suelo aldrín, dieldrín, heptacloro o clordano o bien equivalentes de ellos.

### **Gusano de alambre**

Los adultos son alargados de color café, gris y oscuro, con los ángulos posteriores del tórax provisto de dos prolongaciones en forma de espina. La larva es alargada y cilíndrica, de cuerpo endurecido y de color amarillo o café. Los adultos ovipositan cerca del lugar en donde se han desarrollado, por lo cual las infestaciones se presentan en forma de manchones.

Daños: afectando a numerosos cultivos herbáceos, las partes dañadas son las raíces y los órganos subterráneos, así pueden producir daños directos al destruir plantas cultivadas como en el caso de cereales y plantas hortícolas o indirectos al afectar a órganos subterráneos como papa, zanahoria, espárrago que quedan depreciados para su comercialización

Medidas preventivas: Evitar la siembra de cereal después de una pradera plurianual, en caso de que sea necesario, se laboreará la pradera en verano. En parcelas donde se han detectado daños, se puede labrear el suelo en verano o en invierno, para exponer a las larvas a temperaturas extremas y favorecer su desecación (Agroe.es, 2015).

### **Principales enfermedades de la cebada**

#### **Carbón desnudo (*Ustilago nuda*)**

Se trata de hongos de infección floral, que se conservan en el embrión del grano en estado de micelio; las semillas contaminadas no presentan síntomas visibles.

En el campo la presencia de espigas afectadas es fácilmente observable (Isabel, 1983).

**Daños:** En las espigas infectadas, cada espiguilla se transforma por completo en una masa carbonosa que consta de esporas de color verde olivo, Dicha mancha es cubierta inicialmente por una delicada membrana grisácea que en poco tiempo se rompe y liberando las esporas del hongo.

**Control:** mediante el tratamiento de las semillas infectadas con carboxina y sus derivados de carboxanilida antes de sembrar. Estos compuestos químicos son absorbidos y actúan sistemáticamente en la semilla o en la planta en proceso de crecimiento (Rosales, 1999).

### **Cenicilla (*Erysiphe graminis* D. C)**

Ataca a todos los cereales y algunos zacates. En México se le ha reportado en todas las regiones donde se cultiva la cebada.

**Daños:** Se presenta en forma de manchas de color amarillo en el haz, y por el envés se ven manchas algodonosas de color gris, que corresponden al micelio del hongo; posteriormente estas manchas se vuelven negras, que son ya las fructificaciones del hongo. Esta enfermedad ataca a la Cebada en estado de plántula y hay un segundo ataque en la etapa de espigamiento. Cuando el ataque es fuerte puede causar la muerte de las plántulas o afectar el rendimiento (Riojas, 1980).

**Control químico:** Para su control se pueden usar espolvoreos con azufre, pero en siembras comerciales no es económico, debiendo entonces emplearse variedades resistentes.

### **Mancha reticulada de la cebada (*Helminthosporium*.)**

Se presenta prácticamente en todas las temporadas, su impacto en el rendimiento y calidad de grano es variable de acuerdo a las condiciones climáticas imperantes.

Daños: Corresponden a lesiones necróticas en hojas, de color café oscuro, alargadas, con estriados longitudinales y transversales cuando se observa con un aumento. También pueden aparecer manchas ovaladas a circulares de color café oscuro y halos cloróticos o amarillentos. Las lesiones pueden ser abundantes en condiciones de alta humedad y temperaturas cálidas, pudiendo comprometer gran parte de la lámina foliar. (Andrade, 2010).

Medidas preventivas: La destrucción de los residuos de cosechas anteriores, limpieza, rotación de cultivos, empleo de estiércoles bien procesados.

Control químico: la desinfección de la semilla con productos como los indicados para el carbón cubierto, son las prácticas más recomendables.

### **Control de malas hierbas**

Según zonas y modalidades de siembra, de invierno o primavera, una amplia gama de especies de malas hierbas puede causar severas pérdidas económicas a la cebada.

Las poblaciones de malas hierbas dependen en gran medida del laboreo precedente a la siembra de la cebada. El barbecho de verano, en las regiones semiáridas, al igual que el laboreo con vertedera junto a la aplicación de herbicidas, proporcionan un control efectivo de las malas hierbas. También el retraso de la siembra, unido al laboreo repetido de otoño o primavera, según la época de siembra, puede utilizarse para el control de malas hierbas, como la avena loca, en zonas donde tal retraso no lleve consigo una reducción apreciable del rendimiento. La reducción del laboreo y los sistemas de cultivo más intensivos proporcionan un control menos efectivo de las malas hierbas. El empleo de herbicidas debe integrarse en el conjunto de prácticas que proporcionan un control integrado de las malas hierbas, máxime teniendo en cuenta que la cebada es un cultivo de bajos costos de producción y que la utilización de ciertos tratamientos herbicidas, aconsejables en el trigo, puede no ser conveniente en la cebada desde el punto de vista económico (Bellido, 1991).

## **NDVI y Temperatura de dosel**

Un Índice de Vegetación puede ser definido como una variable o característica calculada a partir de los valores de la reflectancia a distintas longitudes de onda, y es particularmente sensible a la cubierta vegetal (González *et al.*, 2008), de igual manera el aprovechamiento de otro tipo de estudios, tales como zonificaciones (Agroecológicas Ambientales y otras) así como estudios de suelo, erosión, vegetación, brindan mayores pautas a los tomadores de decisión, a fin que se pueda aproximar mucho más la visión de las pérdidas realizadas y generar mejores proyectos de recuperación (Sandoval, 2003).

El NDVI es históricamente uno de los primeros índices de vegetación. Se trata de una relación normalizada de los NIR (infrarrojo cercano) y las bandas de color rojo:  $NDVI = (NIR - Rojo) / (NIR + Rojo)$ . El NDVI ha sido usado en numerosos estudios para estimar la vegetación, biomasa, producción primaria, especies dominantes e índice de área foliar en varios tipos de modelos locales, regionales y globales. Las imágenes de NDVI derivado del Radiómetro Avanzado de muy alta Resolución de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA-AVHRR) proporcionan oportunidades para análisis de series de tiempo entre los cambios en el uso y cobertura de la vegetación a escala global (Maskova *et al.*, 2008).

Reynolds *et al.*, (2013), citan que una aplicación más práctica de estos índices es la predicción del rendimiento mediante medidas sucesivas tomadas durante la temporada de crecimiento. El NDVI ha sido utilizado para predecir rendimiento de grano de soya, trigo durum y trigo de invierno y en experimentos a través de múltiples lugares, el NDVI fue capaz de explicar el 50-65 % de las variaciones del rendimiento de trigo.

Houspanossian *et al.* (1990), la temperatura del dosel de una planta es resultado de un complejo equilibrio en el que están involucrados una serie factores físicos, fisiológicos y climáticos, que la alteran y modifican de diferente manera y proporción. Entre ellos se encuentran, la radiación incidente, el grado

de cobertura de la vegetación, la evapotranspiración, el tipo de superficie (propiedades térmicas, rugosidad), las propiedades conductoras de la atmósfera, mecanismos fisiológicos de la planta y la humedad del suelo.

Solís y Díaz (2001), indicaron que la temperatura afecta el desarrollo de las plantas a través de su influencia sobre la velocidad de los procesos metabólicos. Temperaturas bajas retardan el desarrollo, mientras que temperaturas altas (hasta un cierto límite) lo aceleran y acortan el ciclo de las plantas. Van Keulen y Seligman citados por Solís y Díaz (2001) señalaron que, durante el periodo de llenado de grano, altas temperaturas aceleran la senescencia de la hoja, lo cual reduce la duración del periodo de llenado de grano.

### **Correlaciones**

La correlación es una relación mutua entre dos caracteres o cosas, de tal manera que un aumento o disminución en una, va generalmente asociada con un aumento o disminución de la otra. La correlación lineal está determinada por el coeficiente de correlación "r", cuyo valor puede variar de -1 a +1, las correlaciones observadas en una población, son solamente aplicables a las poblaciones específicamente analizadas, ya que en otras poblaciones la asociación y correlaciones pueden ser totalmente diferentes (Robles, 1990).

La correlación entre distintos caracteres, ha constituido un camino para ahorrarse esfuerzo y tiempo en la selección de genotipos superiores. La existencia de correlaciones negativas en algunas ocasiones determina el malogramiento del esfuerzo, el conocimiento previo ayuda a la selección de procedimientos genéticos o métodos para prevenirla (Hernández, 1987).

Guzmán (2008), en un experimento realizado con correlaciones en líneas de cebada forrajera imberbe, indica que para un primer muestreo encuentra asociación positiva y altamente significativa entre peso de hoja (PH) y forraje

seco total (FST), para el segundo muestreo obtuvo el mismo resultado que (Ramírez, 2009), donde se asocia positiva y significativamente la variable forraje seco total (FST) con peso de hojas, peso de tallos (PT) y peso de espigas (PE) de la misma manera hojas (PH) mostró asociación con el peso de tallo (PT); por otro lado en las correlaciones combinadas se encuentra correlación entre la variable forraje seco total (FST) con peso de tallos (PT) y peso de espigas (PE).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Localización y descripción del sitio experimental**

El presente trabajo se llevó a cabo durante en el ciclo otoño-invierno (2016-2017) en el ejido San Ignacio, Municipio de San Pedro de las Colonias Coahuila, con la colaboración y apoyo de la Empresa Beta Santa Mónica, S.P.R de R.L.

Esta localidad se ubica geográficamente a 25° 32' Latitud Norte, y 103° 15' Longitud Oeste, con una Altitud de 1100 msnm, y una temperatura media anual de 19° C, con una precipitación pluvial media anual de 200 a 300 mm.

### **Desarrollo del experimento en campo**

#### **Material genético evaluado**

El material genético utilizado consistió en 31 líneas élite de cebada forrajera imberbe, formadas por el Programa de Cereales de Grano Pequeño de Invierno de la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro” (UAAAN), también se incluyeron la variedad de Avena Cuauhtémoc, la Cebada Cerro Prieto y el Triticale Eronga-83, ambos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y pecuarias (INIFAP), además de la variedad experimental de Trigo AN-266-99, también del Programa de Cereales de la UAAAN, todas ellas utilizadas como testigos (Cuadro 3.1).

### **Cuadro 3. 1. Material genético evaluado**

<b>NÚMERO</b>	<b>VARIEDAD</b>	<b>NÚMERO</b>	<b>VARIEDAD</b>	<b>NUMERO</b>	<b>VARIEDAD</b>
1	Narro-94-02	13	Narro-218-02	25	Narro-406-02
2	Narro-95-02	14	Narro-221-02	26	Narro-461-02
3	Narro-97-02	15	Narro-239-02	27	Narro-482-02
4	Narro-100-02	16	Narro-259-02	28	Narro-507-02
5	Narro-107-02	17	Narro-305-02	29	Narro-520-02
6	Narro-110-02	18	Narro-310-02	30	Narro-522-02
7	Narro-112-02	19	Narro-318-02	31	Buenavista-1955
8	Narro-127-02	20	Narro-323-02	32	Avena Cuauhtémoc
9	Narro-154-02	21	Narro-328-02	33	Ceb. Cerro Prieto
10	Narro-178-02	22	Narro-337-02	34	Trigo AN-266-99
11	Narro-181-02	23	Narro-340-02	35	Triticale Eronga-83
12	Narro-190-02	24	Narro-342-02		

#### **Preparación del terreno.**

La preparación del terreno consistió en las labores tradicionales utilizadas para el establecimiento de cereales de grano pequeño de invierno en las regiones donde se siembra bajo condiciones de riego, esto es: barbecho, rastreo, nivelación o empareje y surcado (hilera separadas entre sí a 0.36 m).

La siembra se realizó de forma manual a “chorrillo” depositando la semilla en el fondo del surco (hilera).

#### **Densidad de siembra**

La densidad de siembra fue de 83.3 kg/ha.

#### **Fertilización**

La fertilización total fue de 96-34-06 mediante la utilización de 200 kg de Yaramila antes de la siembra (42-34-06) y previo al primer riego de auxilio, se aplicaron 200 kg de Nitromag (54-00-00).

## **Fecha de siembra**

La siembra se realizó el 11 de noviembre de 2016 en seco.

## **Riegos**

Se realizaron tres riegos durante todo el ciclo del experimento, dicho riego fue por gravedad (rodado) dando una lámina total de 30 cm aproximadamente, en las fechas que se mencionan a continuación:

- Riego de siembra: fue el 12 de noviembre del 2016.
- Primer riego de auxilio: fue el 9 de diciembre del 2016.
- Segundo riego de auxilio: fue el 8 de enero del 2017.

## **Parcela experimental**

La parcela experimental consistió de seis surcos (hileras) de tres m con 0.36 m de separación entre hileras, lo que da como resultado una superficie de parcela experimental de 6.48 m<sup>2</sup>.

La parcela útil fue de 0.18 m<sup>2</sup>, es decir, se cortó medio metro de una hilera con competencia completa, en cada muestreo.

## **Muestreos**

El primer muestreo se realizó el día 27 de enero del 2017 (75 días después del riego de siembra), en tanto que el segundo muestreo se hizo el 9 de febrero del mismo año, es decir, a los 89 días después del mismo riego de siembra.

## **Datos registrados**

Altura de planta (ALT): Se midió en cm dentro de la parcela útil, considerando desde la superficie del suelo hasta la altura más generalizada del extremo superior de las plantas, sin considerar el largo de las hojas y de las aristas de la espiga cuando fue el caso.

Etapa fenológica (ETAPA): Al momento del corte, se estimó la etapa fenológica en la que se encontraban las variedades, de acuerdo a la escala propuesta por Zadoks *et al.*, (1974), para el primer y segundo muestreos, con la finalidad de

considerar la precocidad de los diferentes genotipos para establecer comparaciones con los testigos.

Temperatura de planta (T): Se tomaron lecturas de temperatura con un termómetro infrarrojo de la marca FLUKE con precisión de  $\pm$  de 0.01 °C; esta variable se tomó solo al segundo muestreo.

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI): Al momento de registrar la temperatura de la planta se determinó también el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) utilizando para ello un medidor de la marca GreenSeeker el cual cuenta con su propia fuente de luz infrarroja. Datos tomados solo en el segundo muestreo.

Con el material cosechado en cada muestreo, en la bodega, se procedió a separar manualmente en hojas, tallos y espigas, secados en asoleadero hasta peso constante para obtener (PSH), (PST) y (PSE). El peso se registró en gr/parcela, transformándose a  $t\ ha^{-1}$ .

Para forraje seco total (FST): Se tomó la suma de forraje de los tres componentes mencionados anteriormente, los cuales fueron secados en asoleadero hasta peso constante para determinar la cantidad de materia seca, los datos se registraron en gr/parcela y posteriormente se transformaron a toneladas por hectárea.

Relación hoja-tallo (RHT): Para obtener la proporción relación hoja-tallo, se dividió el peso seco de hojas de cada tratamiento entre el peso seco de tallos.

### **Diseño experimental**

Las variedades se evaluaron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones por tratamiento para todas las variables, excepto ETAPA de la que solo se utilizó el promedio de las repeticiones.

### Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza individual para cada muestreo y un análisis de varianza combinado sobre muestreos (ANOVA) para las diferentes variables evaluados, de acuerdo al siguiente modelo estadístico.

Análisis de varianza individual

$$Y_{ij} = \mu + G_i + r_j + l_{ij}$$

#### Donde:

**Y<sub>ij</sub>**: Observación del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

**μ**: Efecto de la media general.

**G<sub>i</sub>**: Efecto del i-ésimo tratamiento.

**r<sub>j</sub>**: Efecto de la j-ésima repetición.

**l<sub>ij</sub>**: Efecto del error experimental.

**i**: 1.....t (número de genotipos o tratamientos).

**j**: 1.....r (número de repeticiones).

**Cuadro 3. 2. Características del análisis de varianza individual para las variables evaluadas.**

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	F.C	Suma de Cuadrados
Bloques	r-1	CM3	CM3/CM1	$\sum \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$
Genotipos	t-1	CM2	CM2/CM1	$\sum \frac{Y_{.j}^2}{gr} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$
Error experimental	(t-1)(r-1)	CM1		$SC = Tota. - (SCt + SCr)$
Total	tr-1			$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{rt}$

## **Análisis de varianza combinado**

Este se realizó bajo el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{IJK} = \mu + B_j + G_i + GC_{ij} + BK(j) + E_{ijk}$$

**Donde:**

**Y<sub>IJK</sub>**: Rendimiento promedio del i-ésimo genotipo obteniendo el j-ésimo muestreo y k-ésima repetición.

**μ**: Efecto de la media general.

**B<sub>j</sub>**: Efecto del j-ésimo muestreo.

**G<sub>i</sub>**: Efecto del i-ésimo genotipo.

**GC<sub>ij</sub>**: Efecto de la interacción entre i-ésimo genotipo y el j-ésimo muestreo.

**BK(j)**: Efecto de la k-ésima repetición anidada en el j-ésimo muestreo.

**E<sub>ijk</sub>**: Efecto aleatorio del error experimental asociado al i-ésimo genotipo en el j-ésimo muestreo y k-ésima repetición, según el modelo lineal aditivo.

## **Comparación de medias**

Se realizaron pruebas de comparación de medias para altura de planta, peso seco de hojas, peso seco de tallos, peso seco de espigas, forraje seco total y relación hoja-tallo, incluyendo en el segundo muestreo a las variables temperatura de planta e Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

$$W = t_{s} \sqrt{\frac{2CME}{r}}$$

**Donde:**

**W**: Valor de DMS

**t<sub>s</sub>**: Valor tabulado y (S) nivel de significancia

**2CME**: Cuadrado medio del error

**r**: Repeticiones

## Coeficiente de variación

Así mismo se calculó el coeficiente de variación para cada una de las variables estudiadas en la conducción del experimento, con la siguiente formula:

$$C.V. = \sqrt{\frac{CMEE}{\bar{x}}} \times 100$$

**Donde:**

**C.V.=** coeficiente de variación

**CMEE=** cuadrado medio del error experimental

$\bar{x}$  = media general

## Correlaciones

Se procedió a establecer las correlaciones entre las diferentes características estudiadas para conocer su grado de asociación con la siguiente formula:

$$r = \frac{\sum XY}{\sqrt{\sum x^2 \sum y^2}}$$

**Donde:**

**r:** Coeficiente de correlación

$\sum XY$ : Suma de productos de las desviaciones de las variables x e y.

$\sum x^2$ : Suma de los cuadrados de las desviaciones de la variable x.

$\sum y^2$ : Suma de los cuadrados de las desviaciones de la variable y.

Todos los análisis de varianza y pruebas de medias se corrieron mediante el uso del paquete computacional Statistical Analysis System (SAS, 1988). Las correlaciones entre las variables se realizaron en la base de datos de Excel del programa Microsoft office.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Análisis de varianza para el primer muestreo

En el cuadro 4.1 se muestran los resultados de los análisis de varianza que se realizaron para el primer muestreo, donde indica que la fuente de variación Repeticiones no mostró significancia en ninguna de las variables evaluadas.

Entre las variedades evaluadas se encontró alta significancia estadística ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables excepto peso seco de hojas (PSH). Lo cual demuestra amplia diversidad genética entre variedades para todas las características evaluadas, con excepción de peso de hojas (PSH).

En general los coeficientes de variación (CV) se mantuvieron dentro de un rango aceptable, la mayoría presentó valores entre 5.02% y 22.14%, para altura y relación hoja-tallo respectivamente. Peso seco de espigas muestra un coeficiente de variación elevado, lo cual se explica en función de que para el primer muestreo muchas de las variedades evaluadas todavía no presentaban espigas.

**Cuadro 4. 1. Valores de cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para el primer muestreo**

FV	GL	ALT	PSH	PST	PSE	FST	RHT
Repeticiones	2	15.00 NS	171.66 NS	308.80 NS	5.49 NS	362.86 NS	0.00 NS
Variedades	34	487.29 **	109.38 NS	1173.02 **	12.41 **	1614.82 **	0.21 **
Error	68	19.90	68.81	232.30	4.50	595.31	0.02
CV. (%)		5.02	15.94	19.77	114.87	18.75	22.14

NS, \*\*, No significativo, altamente significativos al 0.01 %; FV=Fuentes de Variación. GL= Grados de Libertad, ALT= Altura, PSH= Peso Seco de Hojas, PST= Peso Seco de Tallos, PSE= Peso Seco de Espigas, FST= Forraje Seco Total, RHT= Relación Hoja-Tallo.

En base a la alta significancia estadística encontrada en los análisis de varianza respectivos para la mayoría de las variables (cuadro 4.1), se realizó la prueba de comparación de medias (DMS al 0.05 %) con los resultados que se presentan en el cuadro 4.2 y se describen enseguida.

Al realizar la prueba de comparación de medias (DMS al 0.05%) para altura de planta (ALT) ésta reportó hasta 14 grupos de significancia, dentro de los que destacan Narro-218-02, Narro-100-02, Narro-112-02 y Narro-461-02 como los más altos con valores de 106.66, 105.00 y 103.33 cm respectivamente, aunque de manera estadística igual a cuatro variedades más. En tanto que las variedades con menor altura de planta fueron: Trigo AN-266-99, Narro-94-02, Triticale Eronga-83, Narro-337-02 y Narro-342-02, con valores de 55.00, 68.33, y 71.66 cm de forma respectiva. Los resultados ya expuestos coinciden parcialmente con Calvo, (2016) quien también encontró en un primer muestreo a la variedad experimental de Trigo AN-266-99 como uno de los de menor altura. El resultado es contrastante con Hernández (2006), al mencionar al testigo Triticale Eronga-83 como uno de los genotipos de mayor altura de planta.

Así mismo la prueba de comparación de medias para peso seco de hojas (PSH), formó siete grupos de significancia (cuadro 4.2), donde sobresalen como superiores Narro-181-02, Narro-154-02, Narro-178-02 y Narro-318-02 con valores de 3.70, 3.48, 3.29 y 3.27 t ha<sup>-1</sup> y dentro de este primer grupo 11 genotipos más. En contraste los genotipos con menor peso de hoja fueron Narro-507-02, Narro-310-02, Narro-259-02, Narro-482-02 y Avena Cuauhtémoc con valores de 2.22, 2.27 y 2.40 t ha<sup>-1</sup> respectivamente. En lo que se refiere a peso seco de hojas, el resultado es contrastante con Calvo (2016) quien encontró al testigo Avena Cuauhtémoc como uno de los más sobresalientes. Es importante recordar que para esta variable (PSH), el análisis de varianza no registró significancia estadística entre variedades; aun así, la prueba permitió separar los siete grupos que se han descrito.

La prueba de comparación de medias para peso seco de tallos (PST) formó 15 grupos de significancia estadística, dentro de los que destacan Narro-218-02,

Buenavista-1955, Narro-100-02 y Narro-112-02, con promedios de 5.88, 5.61, 5.53 y 5.50 t ha<sup>-1</sup> en el mismo orden, junto con otros 14 genotipos; de igual forma ubica a las variedades con menor promedio, Trigo AN-266-99, Triticale Eronga-83 y Narro-507-02, con valores de 1.61, 2.03 y 2.42 t ha<sup>-1</sup>. Los resultados mencionados coinciden con Calvo (2016) quien reportó a la variedad Trigo AN-266-99 como uno de los genotipos con menor peso seco de tallos.

Para la variable peso seco de espigas (PSE), se formaron cinco grupos de significancia, encontrando como las variedades de mayor valor a Narro-218-02, Narro-112-02, Narro-127-02 y Narro-522-02, con valores de 0.44, 0.40, 0.24 y 0.22 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. El resto de los genotipos obtuvieron valores mínimos (0.20 a 0.0 t ha<sup>-1</sup>) los cuales al ser más tardíos al momento del muestreo tenían muy poca o nula cantidad de espigas; entre éstas variedades se ubicaron los testigos de diferente especie (avena, trigo y triticale); situación que pone en ventaja a las cebadas por su precocidad (Colín, 2007; Colín *et al.*, 2007 y 2009).

Los datos aquí reportados coinciden con Colín (2007), quien indica a la variedad Triticale Eronga-83 como uno de los de menor valor en cuanto a peso seco de espigas, de igual manera coinciden con Calvo (2016) quien menciona a los testigos Trigo AN-266-99 y Avena Cuauhtémoc con menor peso de espiga.

En cuanto a forraje seco total (FST), se registraron 11 grupos estadísticos, el primero de ellos conformado por 19 variedades o genotipos dentro de los que destacan Narro-181-02, Narro-218-02, Narro-112-02 y Narro-97-02 con valores de 9.18, 9.18, 8.83 y 8.81 t ha<sup>-1</sup> en forma respectiva, los resultados mencionados coinciden con Hernández (2006) al hacer mención de Narro-218-02 como una de las variedades con mayor valor en cuanto forraje seco. Por el contrario, Trigo AN-266-99, Narro-507-02 y Triticale Eronga-83 son los genotipos con los promedios más bajos como, 4.22, 4.64 y 4.72 t ha<sup>-1</sup>, resultados que coinciden con González (2007) al reportar al testigo Trigo AN-266-99 como uno de los de menor valor.

Referente a la prueba de comparación de medias para relación hoja-tallo (RHT), se conformaron 10 grupos de significancia, destacando Trigo AN-266-99, Triticale Eronga-83 y Narro-94-02, con valores de 1.72, 1.38 y 1.09. Al mismo tiempo se muestra a los de menor proporción de hojas, siendo las variedades Narro-218-02, Narro-112-02, Buenavista-1955, Narro-100-02 y Narro-127-02, con promedios de 0.48, 0.51 y 0.52 respectivamente (Cuadro 4.2). Como puede apreciarse en el cuadro referido, los genotipos o variedades más tardías son las que presentan mayores valores de RHT; lo cual en cereales de invierno ya ha sido fuertemente documentado, esto es; cuanto más joven el genotipo, mayor porcentaje de hojas sobre tallos.

En el mismo cuadro 4.2 se presenta la última columna con la ETAPA, promedio de las tres repeticiones en que se encontraban los materiales al momento del muestreo; dicha variable no fue estadísticamente analizada y solo se presenta con el propósito de dar al lector una idea de la precocidad de los diferentes materiales genéticos.

**Cuadro 4. 2. Resultados de la Prueba de Comparación de Medias (DMS) entre variedades para el primer muestreo**

<b>VARIETADES</b>	<b>ALT</b>	<b>PSH</b>	<b>PST</b>	<b>PSE</b>	<b>FST</b>	<b>RHT</b>	<b>ETAPA</b>
Narro-94-02	<b>68.33 M</b>	3.11 ABCDE	2.85 LMNO	<b>0.00 E</b>	5.96 GHIJK	<b>1.09 C</b>	40
Narro-95-02	101.66 ABCD	2.94 BCDEFG	5.01 ABCDEFG	0.05 CDE	8.01 ABCDEFG	0.58 HIJ	51
Narro-97-02	93.33 EFGH	3.22 ABCD	5.48 ABC	0.11 CDE	<b>8.81 ABC</b>	0.58 HIJ	47
Narro-100-02	<b>105.00 AB</b>	2.83 BCDEFG	<b>5.53 ABC</b>	<b>0.00 E</b>	8.37 ABCDEF	<b>0.52 J</b>	47
Narro-107-02	95.00 DEFGH	2.98 ABCDEF	4.20 CDEFGHIJKL	0.11 CDE	7.29 ABCDEFGH	0.70 EFGHIJ	47
Narro-110-02	90.00 GHI	2.50 DEFG	4.03 EFGHIJKL	0.07 CDE	6.61 CDEFGHIJ	0.62 HIJ	47
Narro-112-02	<b>103.33 ABC</b>	2.85 BCDEFG	5.50 ABC	<b>0.40 AB</b>	<b>8.83 AB</b>	<b>0.51 J</b>	47
Narro-127-02	100.00 ABCDE	2.85 BCDEFG	5.44 ABCD	<b>0.24 BC</b>	8.53 ABCDE	<b>0.52 J</b>	47
Narro-154-02	80.00 JK	<b>3.48 AB</b>	3.42 IJKLM	<b>0.00 E</b>	6.90 BCDEFGHI	1.01 CD	40
Narro-178-02	98.33 BCDEF	<b>3.29 ABC</b>	5.31 ABCDE	0.12 CDE	8.74 ABCD	0.61 HIJ	51
Narro-181-02	96.66 CDEFG	<b>3.70 A</b>	5.38 ABCDE	0.09 CDE	<b>9.18 A</b>	0.70 EFGHIJ	47
Narro-190-02	95.00 DEFGH	3.01 ABCDEF	4.85 ABCDEFG	0.18 CDE	8.05 ABCDEFG	0.63 HIJ	47
Narro-218-02	<b>106.66 A</b>	2.85 BCDEFG	<b>5.88 A</b>	<b>0.44 A</b>	<b>9.18 A</b>	<b>0.48 J</b>	57
Narro-221-02	88.33 HI	3.01 ABCDEF	5.57 ABCDEFGHIJ	0.14 CDE	7.74 ABCDEFG	0.66 FGHIJ	51
Narro-239-02	91.66 FGHI	2.87 BCDEFG	4.72 ABCDEFGHI	0.11 CDE	7.70 ABCDEFG	0.62 HIJ	51
Narro-259-02	93.33 EFGH	<b>2.40 EFG</b>	4.51 ABCDEFGHIJK	0.11 CDE	7.03 ABCDEFGH	0.54 J	51
Narro-305-02	100.00 ABCDE	2.85 BCDEFG	4.94 ABCDEFG	0.14 CDE	7.94 ABCDEFG	0.57 IJ	51
Narro-310-02	100.00 ABCDE	<b>2.27 FG</b>	4.18 CDEFGHIJKL	0.16 CDE	6.62 BCDEFGHIJ	0.54 J	51
Narro-318-02	90.00 GHI	<b>3.27 ABC</b>	4.81 ABCDEFGH	0.07 CDE	8.16 ABCDEFG	0.67 FGHIJ	40
Narro-323-02	75.00 KLM	3.14 ABCDE	3.29 JKLMN	<b>0.00 E</b>	6.51 EFGHIJ	0.95 CDE	40
Narro-328-02	76.66 KL	2.83 BCDEFG	3.74 GHIJKLM	0.01 DE	6.51 EFGHIJ	0.81 DEFGHI	39
Narro-337-02	<b>71.66 LM</b>	3.12 ABCDE	3.16 KLMN	<b>0.00 E</b>	6.29 FGHIJK	1.00 CD	39
Narro-340-02	90.00 GHI	3.09 ABCDE	3.44 HIJKLM	0.01 DE	6.55 DEFGHIJ	0.90 CDEFG	47

Narro-342-02	<b>71.66 LM</b>	3.11 ABCDE	3.46 HIJKLM	<b>0.00 E</b>	6.57 DEFGHIJ	0.91 CDEF	40
Narro-406-02	98.33 BCDEF	3.05 ABCDE	5.01 ABCDEFG	0.11 CDE	8.18 ABCDEF	0.60 HIJ	51
Narro-461-02	<b>103.33 ABC</b>	2.87 BCDEFG	5.14 ABCDEF	0.20 CD	8.22 ABCDEF	0.55 IJ	51
Narro-482-02	80.00 JK	<b>2.40 EFG</b>	4.07 DEFGHIJKL	<b>0.00 E</b>	6.48 EFGHIJ	0.58 HIJ	45
Narro-507-02	75.00 KLM	<b>2.22 G</b>	<b>2.42 MNO</b>	<b>0.00 E</b>	<b>4.64 JK</b>	0.94 CDE	39
Narro-520-02	85.00 IJ	3.09 ABCDE	4.37 BCDEFGHIJK	<b>0.00 E</b>	7.46 ABCDEFGH	0.70 EFGHIJ	45
Narro-522-02	93.33 EFGH	2.87 BCDEFG	5.09 ABCDEFG	<b>0.22 BC</b>	8.18 ABCDEF	0.56 IJ	45
Buenavista-1955	100.00 ABCDE	2.90 BCDEFG	<b>5.61 AB</b>	0.20 CD	6.87 BCDEFGHI	<b>0.51 J</b>	47
Avena Cuauhtémoc	75.00 KLM	<b>2.40 EFG</b>	2.85 LMNO	<b>0.00 E</b>	5.25 HIJK	0.84 CDEFGH	33
Ceb. Cerro Prieto	90.00 GHI	2.44 EFG	3.81 FGHIJKL	0.20 CD	6.46 EFGHIJ	0.64 GHIJ	51
Trigo AN-266-99	<b>55.00 N</b>	2.61 CDEFG	<b>1.61 O</b>	<b>0.00 E</b>	<b>4.22 K</b>	<b>1.72 A</b>	33
Triticale Eronga-83	<b>68.33 M</b>	2.68 CDEFG	<b>2.03 NO</b>	<b>0.00 E</b>	<b>4.72 IJK</b>	<b>1.38 B</b>	47
<b>MEDIA GENERAL</b>	88.71	2.88	4.30	0.09	7.22	0.73	45.77
<b>DMS</b>	7.26	0.75	1.37	0.19	2.20	0.26	

**Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (DMS al 0.05% de probabilidad)**

## Análisis de varianza para el segundo muestreo

En el cuadro 4.3 se presentan los resultados obtenidos de los análisis de varianza para el segundo muestreo. Para la fuente de variación repeticiones en cuanto a la variable peso seco de tallos (PST), peso seco de espigas (PSE), forraje seco total (FST) y temperatura de planta (T) mostró significancia ( $P \leq 0.05$ ); para relación hoja-tallo (RHT) hubo alta significancia estadística ( $P \leq 0.01$ ), en tanto que para NDVI, altura de planta (ALT) y peso seco de hojas (PSH) no hubo significancia.

Con relación a la fuente de variación genotipos, los resultados indican que para peso seco de hojas (PSH), peso seco de tallos (PST), temperatura de planta (T) y NDVI hubo significancia estadística ( $P \leq 0.05$ ), para las variables altura de planta (ALT), peso seco de espigas (PSE) y relación hoja-tallo (RHT) hubo alta significancia ( $P \leq 0.01$ ), mientras que forraje seco total (FST) no mostró significancia estadística.

En cuanto a los coeficientes de variación (CV), se encuentran entre 1.96 y 22.52 %, para temperatura de planta y peso seco de tallos, respectivamente por lo que se ubican dentro de una magnitud aceptable, excepto para peso seco de espigas que muestra un coeficiente de variación relativamente alto, lo cual se entiende en función de que las variedades 1 y 35 aun no presentaban espigas.

**Cuadro 4. 3. Valores de cuadrados medios y significancia del análisis de varianza para el segundo muestreo.**

FV	GL	ALT	PSH	PST	PSE	FST	RHT	T	NDVI
<b>Repeticiones</b>	3	47.85 NS	69.63 NS	1045.72 *	130.23 *	2606.06 *	0.06 **	1.03 *	0.00 NS
<b>Variedades</b>	34	131.55 **	125.07 *	529.92 *	218.92 **	1226.95 NS	0.06 **	0.38 *	0.004 *
<b>Error</b>	68	18.44	67.35	296.92	36.79	807.45	0.01	0.22	0.00
<b>CV (%)</b>		3.73	17.11	22.52	40.88	20.37	16.29	1.96	5.77

NS, \*, \*\*, No significativo, Significativos al 0.05 %, altamente significativos al 0.01 %; FV=Fuentes de Variación. GL= Grados de Libertad, ALT= Altura, PSH= Peso Seco de Hojas, PST= Peso Seco de Tallos, PSE= Peso Seco de Espigas, FST= Forraje Seco Total, RHT= Relación Hoja-Tallo, T=Temperatura de planta, NDVI= Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada.

En virtud de la significancia estadística encontrada para la mayoría de las variables en análisis de varianza respectivo, se realizó la prueba de comparación de medias (DMS al 0.05 %) cuyos resultados se muestran en el cuadro 4.4.

Altura de la planta (ALT), para esta variable se formaron nueve grupos, en el primero de los cuales se ubicaron Narro-100-02, con 123.33 cm, seguido de Narro-107-02, Narro-112-02, Narro-181-02, Narro-305-02, Narro-310-02 y Narro-318-02 todos ellos con 121.66 cm, aunque estadísticamente iguales a diez genotipos más; los menores valores corresponden a Trigo AN-266-99, Narro-328-02, Narro-323-02 y Narro-337-02 con 95.00, 103.33 y 105.00 cm de forma respectiva. Dichos resultados son contrastantes con González (2007) al reportar al testigo Trigo AN-266-99 como uno de los más altos.

Al realizar la prueba de comparación de medias para peso seco de hojas (PSH), muestra que se formaron siete grupos de significancia, el primero de ellos integra a nueve genotipos, encabezados por Narro-154-02, Narro-323-02 y Narro-181-02, con 3.64, 3.48 y 3.27 t ha<sup>-1</sup>. Mientras que los de menor valor son Narro-218-02, Narro-522-02 y Narro-100-02, con valores de 2.11, 2.12 y 2.16 t ha<sup>-1</sup>.

Respecto a peso seco de tallos (PST), la prueba reporta ocho grupos estadísticos con los valores más altos Narro-190-02, Buenavista-1955, Narro-154-02 y Narro-178-02 con promedios de 5.38, 5.38, 5.37 y 5.29 t ha<sup>-1</sup>; mientras que los de menor peso seco de tallos fueron Trigo AN-266.99, Cebada Cerro Prieto y Avena Cuauhtémoc con 2.64, 3.00 y 3.11 t ha<sup>-1</sup>. Dichos resultados coinciden con Guzmán (2008) quien menciona a Cebada Cerro Prieto como uno de los de menor promedio para esta característica.

En relación al peso seco de espigas (PSE) el cual mostro alta significancia estadística, se procedió a la prueba de comparación de medias, donde destacaron Narro-127-02, Narro-218-02 y Narro-310-02 con 1.77, 1.50 y 1.42 t ha<sup>-1</sup>. Resultados obtenidos por Guzmán (2008) coinciden al hacer referencia a

la variedad Narro-310-02 como uno de los más altos en promedio. En contraste los genotipos menos sobresalientes fueron; Narro-94-02, Trigo AN-266-99, Narro-337-02, Narro-342-02 y Narro-323-02, con 0.0, 0.0 0.05, 0.07 y 0.12 t ha<sup>-1</sup>; promedios tan contrastantes como 1.77 t ha<sup>-1</sup> para Narro-127-02 y 0.0 para Narro-94-02 y trigo AN-266-99, sin duda influyeron para elevar el coeficiente de variación del PSE el cual fue de 40.88 % como se muestra en el cuadro 4.3., resultados que coinciden con Calvo (2016) quien también encontró en un segundo muestreo a la variedad experimental Trigo AN-266-99 como uno de los menos sobresalientes.

Para la variable forraje seco total (FST) el análisis de varianza respectivo no mostro significancia estadística entre variedades, lo cual sugiere que el comportamiento de los genotipos fue similar, no obstante, se realizó la prueba de comparación de medias, formando siete grupos estadísticos donde destacan Narro-127-02, Narro-178-02 y Narro-190-02 con 9.68, 9.57 y 9.50 t ha<sup>-1</sup>, resultados que coinciden con Guzmán (2008) al destacar la variedad Narro-178-02 como uno de los sobresalientes. Así mismo Trigo AN-266-99, Narro-507-02 y Avena Cuauhtémoc con 5.74, 6.00 y 6.03 t ha<sup>-1</sup> fueron los de menor promedio.

En cuanto a la variable relación hoja-tallo (RHT), la prueba de medias se conformó por 11 grupos de significancia estadística, sobresaliendo Trigo AN-266-99, Avena Cuauhtémoc y Narro-323-02 con valores de 1.20, 0.87 y 0.84. En cambio, las variedades con valores más bajos fueron Narro-127-02, Narro-461-02 y Buenavista-1955 con 0.49 y 0.50 respectivamente. Estos resultados para un segundo muestreo coinciden con Guzmán (2008) al mencionar a la variedad experimental Avena Cuauhtémoc como uno de los más sobresalientes en cuanto a relación hoja-tallo.

Temperatura de planta (T) la cual se integró por cinco grupos de significancia, de los cuales destacan Narro-482-02, Narro-461-02 y Narro-190-02 con promedios de 24.97, 24.76 y 24.73 °C, por otro lado, los genotipos con los valores más bajos son Trigo AN-266-9, Narro-406-02, Cebada Cerro Prieto,

Triticale Eronga-83 y Narro-221-02 con 22.96, 23.63, 23.86, 23.90 y 23.93 °C respectivamente.

Es importante destacar el comportamiento de los testigos de diferente especie que obtuvieron las temperaturas más frescas (trigo, triticale y tres genotipos más) probablemente influenciadas por la etapa fenológica más tardía; sin embargo, avena aún en la misma etapa que los anteriores exhibió una temperatura de planta superior (24.53 °C). Ramirez (2017), cita que la temperatura de planta es una medida versátil que puede complementar el mejoramiento, ya que es altamente integrativa de muchas funciones fisiológicas necesarias para asegurar la adaptación a un ambiente determinado.

Para la variable Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) se formaron ocho grupos de significancia estadística, el primero de los cuales integra a 11 genotipos entre los que sobresalen Trigo-AN-266-99, Narro-323-02 y Narro-337-02, con índices promedio de 0.83, 0.81 y 0.80; y los que menos destacan son Narro-100-02, Triticale Eronga-83, Narro-305-02 y Narro-482-02 con valores de 0.69, 0.69 y 0.70 de forma respectiva. Al igual que para la variable temperatura de planta (T) este índice parece ser influenciado por la etapa fenológica de los genotipos, ya que en forma general cuanto más temprana era la etapa en la que se tomó la lectura ésta tendió a ser mayor (Cuadro 4.4). Al respecto Muriado *et al.*, (2016), cita que el NDVI se ve afectado significativamente de acuerdo al estado fenológico en el que se realiza la lectura, los niveles hídricos y diferentes dosis de N que recibe el cultivo. Este índice mide el verdor que presenta cada cultivo y dada las diferencias en color que muestran las distintas especies (trigo un verde más intenso que cebadas), era de esperarse que cultivos como el trigo y avena alcanzaran un valor alto en esta variable, siendo más evidente en el caso del trigo.

En lo que se refiere a la ETAPA al igual que para el primer muestreo, solo se presenta el promedio de las tres repeticiones para dar al lector una idea del estado fenológico en que se encontraban los diferentes genotipos al momento de este segundo muestreo y así establecer diferencias respecto a su precocidad.

**Cuadro 4. 4. Resultados de la Prueba de Comparación de medias (DMS) entre variedades para el segundo muestreo**

VARIETADES	ALT	PSH	PST	PSE	FST	RHT	TEMP	NDVI	ETAPA
Narro-94-02	111.66 DEFG	2.77 BCDEFG	3.64 CDEFGH	<b>0.00 L</b>	6.42 DEFG	0.76 BCDE	24.36 ABCD	0.77 ABCDEF	47
Narro-95-02	120.00 ABC	2.61 CDEFG	4.72 ABCDE	1.00 BCDEFGH	8.33 ABCDEF	0.55 HIJK	24.23 ABCD	0.74 BCDEFGH	57
Narro-97-02	115.00 BCDE	2.74 BCDEFG	5.01 ABCD	0.83 DEFGHIJ	8.59 ABCDE	0.54 HIJK	24.46 ABC	0.76 BCDEFGH	57
Narro-100-02	<b>123.33 A</b>	<b>2.16 FG</b>	4.25 ABCDEFG	0.92 CDEFGHI	7.50 ABCDEFG	0.52 JK	24.06 BCD	<b>0.69 H</b>	65
Narro-107-02	<b>121.66 AB</b>	2.88 BCDEF	4.48 ABCDEFG	0.92 CDEFGHI	8.29 ABCDEFG	0.64 EFGHIJK	24.53 ABC	0.75 BCDEFGH	65
Narro-110-02	115.00 BCDE	2.44 DEFG	3.85 ABCDEFGH	0.68 GHIJK	6.98 BCDEFG	0.63 EFGHIJK	24.33 ABCD	0.70 FGH	65
Narro-112-02	<b>121.66 AB</b>	2.50 DEFG	4.59 ABCDEF	1.37 ABCD	8.46 ABCDEF	0.54 HIJK	24.33 ABCD	0.72 EFGH	70
Narro-127-02	120.00 ABC	2.62 CDEFG	5.27 AB	<b>1.77 A</b>	<b>9.68 A</b>	<b>0.49 K</b>	24.30 ABCD	0.70 FGH	70
Narro-154-02	116.66 ABCD	<b>3.64 A</b>	<b>5.37 A</b>	0.37 JKL	9.38 ABC	0.69 CDEFGHI	24.10 BCD	0.79 ABCD	47
Narro-178-02	120.00 ABC	2.92 ABCDE	<b>5.29 A</b>	1.35 ABCDE	<b>9.57 A</b>	0.55 HIJK	24.03 BCD	0.72 EFGH	73
Narro-181-02	<b>121.66 AB</b>	<b>3.27 ABC</b>	4.66 ABCDEF	0.90 CDEFGHIJ	8.85 ABCD	0.76 BCDEF	24.60 ABC	0.77 ABCDEFG	70
Narro-190-02	116.66 ABCD	2.90 ABCDEF	<b>5.38 A</b>	1.20 BCDEFG	<b>9.50 AB</b>	0.53 IJK	<b>24.73 AB</b>	0.72 DEFGH	70
Narro-218-02	115.00 BCDE	<b>2.11 G</b>	4.16 ABCDEFGH	<b>1.50 AB</b>	7.77 ABCDEFG	0.51 JK	24.33 ABCD	0.72 EFGH	70
Narro-221-02	118.33 ABCD	2.38 DEFG	3.70 CDEFGH	0.53 HIJKL	6.62 DEFG	0.64 EFGHIJK	<b>23.93 CD</b>	0.79 ABCD	57
Narro-239-02	120.00 ABC	2.57 CDEFG	4.40 ABCDEFG	0.68 GHIJK	7.66 ABCDEFG	0.57 GHIJK	24.46 ABC	0.70 FGH	65
Narro-259-02	115.00 BCDE	2.27 DEFG	4.44 ABCDEFG	0.88 CDEFGHIJ	7.61 ABCDEFG	0.52 IJK	24.46 ABC	0.74 BCDEFGH	70
Narro-305-02	<b>121.66 AB</b>	2.61 CDEFG	4.90 ABCD	1.31 ABCDE	8.83 ABCD	0.52 IJK	24.00 BCD	<b>0.70 GH</b>	70
Narro-310-02	<b>121.66 AB</b>	2.42 DEFG	4.42 ABCDEFG	<b>1.42 ABC</b>	8.27 ABCDEFG	0.54 HIJK	24.20 ABCD	0.73 CDEFGH	70
Narro-318-02	<b>121.66 AB</b>	2.88 BCDEF	5.18 ABC	0.88 CDEFGHIJ	8.96 ABCD	0.55 HIJK	24.23 ABCD	0.72 EFGH	70
Narro-323-02	<b>105.00 GH</b>	<b>3.48 AB</b>	4.12 ABCDEFGH	<b>0.12 L</b>	7.74 ABCDEFG	<b>0.84 BC</b>	24.03 BCD	<b>0.81 AB</b>	47
Narro-328-02	<b>103.33 H</b>	2.98 ABCDE	4.16 ABCDEFGH	0.40 IJKL	7.55 ABCDEFG	0.72 BCDEFG	24.43 ABC	0.77 ABCDEF	51
Narro-337-02	<b>105.00 GH</b>	2.90 ABCDEF	3.94 ABCDEFGH	<b>0.05 L</b>	6.85 CDEFG	0.74 BCDEFG	24.13 BCD	<b>0.80 ABC</b>	47
Narro-340-02	118.33 ABCD	2.85 BCDEFG	4.46 ABCDEFG	0.70 FGHJK	8.01 ABCDEFG	0.67 CDEFGHIJ	24.23 ABCD	0.75 BCDEFGH	70
Narro-342-02	108.33 EFGH	2.90 ABCDEF	3.53 DEFGH	<b>0.07 L</b>	6.51 DEFG	0.82 BCD	24.33 ABCD	0.76 BCDEFGH	51
Narro-406-02	113.33 CDEF	2.35 DEFG	3.51 DEFGH	1.03 BCDEFGH	7.00 BCDEFG	0.69 CDEFGHI	<b>23.63 DE</b>	0.74 CDEFGH	70
Narro-461-02	120.00 ABC	2.37 DEFG	4.70 ABCDE	1.24 ABCDEF	8.31 ABCDEFG	<b>0.50 K</b>	<b>24.76 AB</b>	0.73 CDEFGH	70

Narro-482-02	108.33 EFGH	2.44 DEFG	4.09 ABCDEFGH	1.09 BCDEFG	7.62 ABCDEFG	0.59 FGHIJK	<b>24.97 A</b>	<b>0.70 GH</b>	70
Narro-507-02	106.66 FGH	2.53 CDEFG	3.22 EFGH	0.24 KL	<b>6.00 FG</b>	0.78 BCDE	24.40 ABCD	0.79 ABCDE	47
Narro-520-02	111.66 DEFG	2.37 DEFG	3.31 EFGH	0.74 FGHIJK	6.42 DEFG	0.71 BCDEFGH	24.33 ABCD	0.75 BCDEFGH	57
Narro-522-02	115.00 BCDE	<b>2.12 G</b>	3.72 BCDEFGH	1.01 BCDEFGH	6.87 CDEFG	0.58 GHIJK	24.10 BCD	0.72 EFGH	70
Buenavista-1955	118.33 ABCD	2.66 CDEFG	<b>5.38 A</b>	1.29 ABCDE	9.35 ABC	<b>0.50 K</b>	24.60 ABC	0.72 EFGH	70
Avena Cuauhtémoc	113.33 CDEF	2.70 CDEFG	<b>3.11 FGH</b>	0.22 KL	<b>6.03 EFG</b>	<b>0.87 B</b>	24.53 ABC	0.78 ABCDE	51
Ceb. Cerro Prieto	106.66 FGH	2.24 EFG	<b>3.00 GH</b>	1.18 BCDEFG	6.42 DEFG	0.76 BCDEF	<b>23.86 CD</b>	0.79 ABCDE	70
Trigo AN-266-99	<b>95.00 I</b>	3.00 ABCD	<b>2.64 H</b>	<b>0.00 L</b>	<b>5.74 G</b>	<b>1.20 A</b>	<b>22.96 E</b>	<b>0.83 A</b>	40
Triticale Eronga-83	115.00 BCDE	2.51 DEFG	3.96 ABCDEFGH	0.81 EFGHIJ	7.29 ABCDEFG	0.65 DEFGHIJK	<b>23.90 CD</b>	<b>0.69 H</b>	51
<b>MEDIA GENERAL</b>	114.85	2.65	4.24	0.82	7.74	0.65	24.25	0.74	61.71
<b>DMS</b>	6.99	0.74	1.55	0.54	2.57	0.17	0.77	0.07	

**Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (DMS al 0.05% de probabilidad)**

## **Análisis de varianza combinado a través de ambos muestreos**

El análisis de varianza combinado a través de ambos muestreos indica que para la fuente de variación repeticiones hubo diferencias estadísticas significativas ( $P \leq 0.05$ ) solo para peso seco de tallos (PST), mientras que para el resto de variables no hubo significancia estadística (Cuadro 4.5).

Entre los muestreos, de acuerdo al análisis de varianza, la variable forraje seco total (FST) mostró significancia ( $P \leq 0.05$ ), mientras que para altura de planta (ALT), peso seco de hojas (PSH), peso seco de espigas (PSE) y relación hoja-tallo (RHT) hubo alta significancia estadística ( $P \leq 0.01$ ) en tanto que para peso seco de tallos (PST) no hubo significancia (Cuadro 4.5).

Para la fuente de variación repeticiones dentro de muestreos hubo diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) para la variable peso seco de espigas (PSE), en cuanto al resto de variables no hubo diferencia estadística significativa (Cuadro 4.5).

Entre las variedades (VARs) hubo diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) para todas las variables evaluadas, según al análisis de varianza (Cuadro 4.5).

Para la interacción muestreo por variedades, se encontró alta significancia estadística ( $P \leq 0.01$ ) para altura de planta (ALT), peso seco de espigas (PSE) y relación hoja-tallo (RTH), por lo contrario, peso seco de hojas (PSH), peso seco de tallos (PST) y forraje seco total (FST) no mostraron significancia estadística (Cuadro 4.5).

Referente a los coeficientes de variación, mostraron porcentajes aceptables, dentro de un rango de 4.30 y 21.18 % para altura de planta (ALT) y peso seco de tallos (PST) respectivamente; sin embargo, peso seco de espigas (PSE) al igual que en los análisis individuales muestra un valor relativamente alto de 54.46 %, sin duda debido a la ausencia de espigas en muchas de las variedades evaluadas (Cuadro 4.5).

**Cuadro 4. 5. Valores de cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado entre ambos muestreos.**

FV	GL	ALT	PSH	PST	PSE	FST	RTH
REP	2	28.21 NS	149.70 NS	1146.10 *	60.70 NS	2027.20 NS	0.03 NS
MUESTR	1	35881.07 **	872.30 **	17.71 NS	8859.50 **	4601.37 *	0.39 **
REP(MUESTR)	2	34.54 NS	91.60 NS	208.43 NS	75.03 *	941.73 NS	0.03 NS
VARS	34	509.34 **	184.26 **	1327.38 **	154.22 **	2283.42 **	0.23 **
MUESTR*VARS	34	109.50 **	50.19 NS	375.56 NS	77.12 **	558.35 NS	0.04 **
ERROR	136	19.17	68.08	264.61	20.65	701.38	0.01
CV (%)		4.30	16.50	21.18	54.46	19.65	19.84

NS, \*, \*\*, No Significativo, Significativos al 0.05%, Altamente Significativos al 0.01%; FV= Fuentes de Variación. GL= Grados de Libertad. ALT= Altura de planta. PSH= Peso Seco de Hojas. PST= Peso Seco de Tallos. PSE= Peso Seco de Espigas. FST= Forraje Seco Total. RHT= Relación Hoja-Tallo.

Dada la alta significancia estadística para la fuente de variedades (VARS), se realizó la prueba de comparación de medias combinando los dos muestreos con los resultados que se muestran en el cuadro 4.6 y que se describen a continuación.

Para altura de planta (ALT) se registraron 10 grupos, de los cuales las primeras posiciones fueron para Narro-100-02, Narro-112-02, Narro-461-02 con 114.16, 112.50 y 111.66 cm de forma respectiva, seguido por; Narro-95-02, Narro-218-02, Narro-305-02 y Narro-310-02 todos ellos con 110.83 cm. Por el contrario, los de menor altura fueron Trigo AN-266-99, Narro-337-02 y Triticale Eronga-83 con 75.00, 88.33 y 91.66 cm. Los datos obtenidos tienen similitud parcial con Calvo (2016) quien, en una prueba de comparación de medias combinadas entre ambos muestreos, destaca a la variedad Narro-95-02 como una de las de mayor altura.

Para la variable peso seco de hojas (PSH) la cual se conformó de nueve grupos de significancia estadística, integrado por los genotipos con valores más altos Narro-154-02, Narro-181-02 y Narro-323-02 con 3.56, 3.49 y 3.39 t ha<sup>-1</sup>; en contraste Narro-259-02, Cebada Cerro Prieto y Narro-310-02 con los valores más bajos, 2.34, 2.34 y 2.35 t ha<sup>-1</sup>.

En cuanto a peso seco de tallos (PST) se formaron 15 grupos de significancia, donde en el primero se ubicaron las variedades Buenavista-1955, Narro-127-02 y Narro-178-02 como los más altos con valores de 5.50, 5.36 y 5.30 t ha<sup>-1</sup> aunque estadísticamente iguales a 12 genotipos más; mientras que Trigo AN-266-99, Narro-507-02 y Avena Cuauhtémoc fueron los más bajos con 2.12, 2.82 y 2.98 t ha<sup>-1</sup>. Estos resultados tienen semejanza con el trabajo realizado por Guzmán (2008) al reportar la variedad Avena Cuauhtémoc en el grupo de menor valor en lo que a peso seco de tallos se refiere.

Con relación a la variable peso seco de espigas (PSE) señala 13 grupos de significancia estadística, donde el primero de ellos se integra por ocho tratamientos destacando los genotipos Narro-127-02, Narro-218-02 y Narro-112-02 como los más sobresalientes con valores de 1.00, 0.97 y 0.88 t ha<sup>-1</sup>; en cambio los valores más bajos son de los genotipos Narro-94-02, Trigo AN-266-99, Narro-337-02, Narro-342-02 con valores de cero o cercanos a esté.

Referente a la prueba de comparación de medias entre ambos muestreos para la variable forraje seco total (FST), se formaron 13 grupos de significancia, donde los tratamientos con mayor rendimiento son Narro-178-02, Narro-127-02 y Narro-181-02 con promedios de 9.15, 9.11 y 9.01 t ha<sup>-1</sup>. Por otro lado, Trigo AN-266-99, Narro-507-02 y Avena Cuauhtémoc con valores más bajos de 4.98, 5.32 y 5.64 t ha<sup>-1</sup> se ubicaron en las últimas posiciones. Los resultados obtenidos son semejantes a los reportados por Calvo (2016) al mencionar la variedad experimental de Trigo de AN-266-99 como uno de los menos sobresalientes. La media general para esta característica fue de 7.49 t ha<sup>-1</sup> y 18 de los genotipos evaluados (cebadas) se encuentran por arriba de tal promedio en tanto que ningún testigo lo alcanzó; por lo tanto, se confirma que las nuevas cebadas imberbes son un recurso importante en la producción rápida de forraje invernal confirmando además la aseveración de Colín (2007) y Colín *et al.*, (2007) de que existen líneas que pueden rendir 100 o más kg de forraje seco por ha por día.

Así mismo se realizó la prueba de comparación de medias para relación hojatallo (RHT), donde se formaron 12 grupos de significancia, destacando Trigo AN-266-99, Triticale Eronga-83 y Narro-94-02 con 1.46, 1.02 Y 0.93. En contraste los menos sobresalientes son los genotipos Narro-218-02, Narro-127-02, Narro-100-02 y Buenavista-1955 con promedios de 0.49, 0.50 y 0.51 respectivamente; con lo que se puede inferir que cuanto más joven es la planta al momento del muestreo, mayor es la proporción de hojas en el forraje y viceversa.

**Cuadro 4. 6. Resultados de la Prueba de Comparación de Medias (DMS) entre ambos muestreos**

<b>VARIEDADES</b>	<b>ALT</b>	<b>PSH</b>	<b>PST</b>	<b>PSE</b>	<b>FST</b>	<b>RHT</b>	<b>ETAPA</b>
Narro-94-02	90.00 HI	2.94 CDEFG	3.25 LMN	<b>0.00 M</b>	6.19 IJKLM	<b>0.93 BC</b>	43.5
Narro-95-02	<b>110.83 AB</b>	2.77 DEFGHI	4.87 ABCDEFGH	0.52 DEFG	8.17 ABCDEFG	0.56 JKL	54
Narro-97-02	104.16 DE	2.98 BCDEF	5.25 ABCD	0.47 EFGHI	8.70 ABCD	0.56 JKL	52
Narro-100-02	<b>114.16 A</b>	2.50 EFGHI	4.89 ABCDEFG	0.46 EFGHI	7.93 ABCDEFGH	<b>0.51 L</b>	56
Narro-107-02	108.33 BCD	2.93 CDEFG	4.34 BCDEFGHIJK	0.51 DEFG	7.79 ABCDEFGHI	0.67 GHIJK	56
Narro-110-02	102.50 EF	2.47 FGHI	3.94 GHIJKLM	0.37 GHIJK	6.79 FGHIJKL	0.63 HIJKL	56
Narro-112-02	<b>112.50 AB</b>	2.67 DEFGHI	5.04 ABCDEF	<b>0.88 ABC</b>	8.64 ABCD	0.53 KL	58.5
Narro-127-02	110.00 ABC	2.74 DEFGHI	<b>5.36 AB</b>	<b>1.00 A</b>	<b>9.11 AB</b>	<b>0.50 L</b>	58.5
Narro-154-02	98.33 FG	<b>3.56 A</b>	4.39 BCDEFGHIJK	0.18 IJKLM	8.14 ABCDEFG	0.85 CDEF	43.5
Narro-178-02	109.16 BC	3.11 ABCD	<b>5.30 ABC</b>	0.74 ABCDE	<b>9.15 A</b>	0.58 IJKL	62
Narro-181-02	109.16 BC	<b>3.49 AB</b>	5.02 ABCDEF	0.50 EFGH	<b>9.01 AB</b>	0.73 EFGHI	58.5
Narro-190-02	105.83 CDE	2.96 CDEF	5.12 ABCDE	0.69 BCDEF	8.77 ABC	0.58 IJKL	58.5
Narro-218-02	<b>110.83 AB</b>	2.48 FGHI	5.02 ABCDEF	<b>0.97 AB</b>	8.48 ABCDE	<b>0.49 L</b>	63.5
Narro-221-02	103.33 E	2.70 DEFGHI	4.13 EFGHIJKL	0.34 GHIJKL	7.18 CDEFGHIJK	0.65 GHIJKL	54
Narro-239-02	105.83 CDE	2.72 DEFGHI	4.56 ABCDEFGHI	0.39 GHIJK	7.68 ABCDEFGHIJ	0.60 IJKL	58
Narro-259-02	104.16 ED	<b>2.34 I</b>	4.48 ABCDEFGHIJ	0.50 EFGH	7.32 CDEFGHIJK	0.53 KL	60.5
Narro-305-02	<b>110.83 AB</b>	2.73 DEFGHI	4.92 ABCDEFG	0.73 ABCDE	8.38 ABCDEF	0.55 JKL	60.5
Narro-310-02	<b>110.83 AB</b>	<b>2.35 I</b>	4.30 CDEFGHIJK	0.79 ABCD	7.45 BCDEFGHIJ	0.54 KL	60.5
Narro-318-02	105.83 CDE	3.08 ABCD	5.00 ABCDEF	0.48 EFGH	8.56 ABCDE	0.61 HIJKL	55
Narro-323-02	90.00 HI	<b>3.31 ABC</b>	3.71 IJKLMN	0.06 LM	7.12 CDEFGHIJK	0.89 BCD	43.5
Narro-328-02	90.00 HI	2.87 CDEFGH	3.95 GHIJKLM	0.21 HIJKLM	7.03 DEFGHIJK	0.76 DEFGH	45
Narro-337-02	<b>88.33 I</b>	3.01 BCDE	3.55 IJKLMN	<b>0.02 M</b>	6.57 GHIJKLM	0.87 BCDE	43
Narro-340-02	104.16 DE	2.97 BCDEF	3.95 GHIJKLM	0.36 GHIJK	7.28 CDEFGHIJK	0.79 CDEFG	58.5
Narro-342-02	90.00 HI	3.00 BCDE	3.50 JKLMN	<b>0.03 M</b>	6.54 GHIJKLM	0.86 BCDE	45.5

Narro-406-02	105.83 CDE	2.70 DEFGHI	4.26 DEFGHIJKL	0.57 DEFG	7.59 ABCDEFGHIJ	0.64 GHIJKL	60.5
Narro-461-02	<b>111.66 AB</b>	2.62 DEFGHI	4.92 ABCDEFG	0.72 ABCDE	8.26 ABCDEF	0.53 KL	60.5
Narro-482-02	94.16 GH	2.42 GHI	4.08 FGHIJKL	0.54 DEFG	7.05 DEFGHIJK	0.59 IJKL	57.5
Narro-507-02	90.83 HI	2.37 HI	<b>2.82 NO</b>	0.12 JKLM	<b>5.32 LM</b>	0.86 BCDE	43
Narro-520-02	98.33 FG	2.73 DEFGHI	3.84 HIJKLMN	0.37 GHIJK	6.94 EFGHIJKL	0.70 FGHIJ	51
Narro-522-02	104.16 DE	2.50 EFGHI	4.40 BCDEFGHIJK	0.62 CDEFG	7.52 ABCDEFGHIJ	0.57 JKL	57.5
Buenavista-1955	109.16 BC	2.78 DEFGHI	<b>5.50 A</b>	0.75 ABCDE	8.11 ABCDEFGH	<b>0.51 L</b>	58.5
Avena Cuauhtémoc	94.16 GH	2.55 EFGHI	<b>2.98 MNO</b>	0.11 KLM	<b>5.64 KLM</b>	0.85 CDEF	42
Ceb. Cerro Prieto	98.33 FH	<b>2.34 I</b>	3.40 KLMN	0.69 BCDEF	6.44 HIJKLM	0.70 FGHIJ	60.5
Trigo AN-266-99	<b>75.00 J</b>	2.80 CDEFGHI	<b>2.12 O</b>	<b>0.00 M</b>	<b>4.98 M</b>	<b>1.46 A</b>	36.5
Triticale Eronga-83	<b>91.66 HI</b>	2.60 DEFGHI	3.00 MNO	0.40 FGHIJ	6.00 JKLM	<b>1.02 B</b>	49
<b>MEDIA GENERAL</b>	101.78	2.77	4.26	0.46	7.48	0.69	53.74
<b>DMS</b>	4.99	0.52	1.03	0.28	1.68	0.15	

**Medias con la misma literal son estadísticamente iguales (DMS al 0.05% de probabilidad)**

## **Correlaciones entre variables para el primer muestreo**

En el cuadro 4.7 se muestran los resultados de la correlación lineal realizada a las variables evaluadas en el primer muestreo, las cuales se describen de la forma siguiente:

La variable altura de planta (ALT) se correlaciono significativamente con forraje seco total (FST) indicando que cuanto más alta es la planta mayor es su rendimiento. En cambio, la misma variable se asoció significativa pero negativamente con ETAPA, lo que sugiere que hubo genotipos que, aunque altos, fueron más tardíos. Esta última correlación contrasta con por reportado por Calvo (2016).

Peso seco de hojas (PSH) se asoció significativamente con peso seco tallo (PST), forraje seco total (FST) y relación hoja-tallo (RHT), lo cual indica que a mayor peso de hojas se incrementa también el peso de tallos, y la relación entre ellos; estos resultados coinciden con Guzmán (2008), quien encontró correlaciones similares en un primer muestreo.

Se encontró asociación significativa entre peso seco de tallos (PST), forraje seco total (FST) y relación hoja-tallo (RHT), por lo que se infiere que, al tener mayor peso de tallo, aumentará la cantidad de forraje y la relación hoja-tallo, lo cual se explica por la temprana fecha del muestreo.

Peso seco de espigas (PSE) se asoció significativamente con ETAPA, lo cual indica que en cuanto más avance el estado fenológico de la planta, la espiga adquirirá mayor peso de acuerdo al llenado de grano, asociación que coincide parcialmente con Calvo (2016) al encontrar correlación entre peso seco de espiga y Etapa, en un primer muestreo.

Forraje seco total (FST) se correlacionó con la variable relación hoja-tallo, indicando que entre mayor sea la asociación entre ambas variables, habrá mayor cantidad de materia seca.

**Cuadro 4. 7. Correlaciones entre variables para el primer muestreo**

VARIABLES	ALT	PSH	PST	PSE	FST	RHT	ETAPA
ALT	1.00	0.24	0.29	-0.17	<b>0.42*</b>	0.26	<b>-0.43*</b>
PSH		1.00	<b>0.67*</b>	0.08	<b>0.81*</b>	<b>0.60*</b>	-0.12
PST			1.00	0.29	<b>0.80*</b>	<b>0.56*</b>	-0.15
PSE				1.00	0.14	0.18	<b>0.45*</b>
FST					1.00	<b>0.77*</b>	-0.30
RHT						1.00	-0.30
ETAPA							1.00

**Correlaciones entre variables para el segundo muestreo**

En el cuadro 4.8 se exhiben los resultados de la correlación lineal, para los tratamientos evaluados en el segundo muestreo, los cuales se interpretan a continuación:

Altura de planta (ALT) al igual que en el primer muestreo se asoció con ETAPA, con la diferencia que ahora fue de manera positiva, al igual que con peso seco de espigas (PSE).

Peso seco de hojas (PSH) se asoció positivamente con temperatura de planta (T) e Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI); Peso seco de tallos (PST) en este segundo muestreo presenta asociación con temperatura de planta (T); interpretándose en el sentido de que cuanto más tallos y hojas presentan los genotipos, la temperatura se incrementa al tiempo que el verdor de las hojas incide sobre el índice del mismo.

Peso seco de espigas (PSE) se correlacionó significativa y positivamente con ETAPA, al igual que en el primer muestreo, al indicar que cuanto más avance el estado fenológico de la planta, la espiga obtendrá mayor peso con el llenado de grano. Se encontró similitud con los resultados de Calvo (2016), para un

segundo muestreo, al encontrar correlación entre peso seco de espigas y Etapa.

Relación hoja-tallo (RHT) se asocia significativamente con temperatura de planta (T) además se asocia negativamente con ETAPA, situación que ya ha sido bien documentada por muchos autores al considerar que conforme avanza la etapa, la relación hoja-tallo tiende proporcionalmente a disminuir.

Temperatura de planta (T) se correlacionó positivamente con Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).

**Cuadro 4. 8. Correlaciones entre variables para el segundo muestreo**

VARIABLES	ALT	PSH	PST	PSE	FST	RHT	T	NDVI	ETAPA
ALT	1.00	0.17	-0.16	<b>0.44*</b>	-0.03	-0.13	-0.27	-0.27	<b>0.43*</b>
PSH		1.00	0.26	0.32	0.24	0.30	<b>0.37*</b>	<b>0.38*</b>	-0.06
PST			1.00	0.09	-0.08	0.23	<b>0.47*</b>	0.33	-0.16
PSE				1.00	-0.16	-0.17	0.13	-0.06	<b>0.71*</b>
FST					1.00	0.26	0.16	0.23	0.04
RHT						1.00	<b>0.51*</b>	0.20	<b>-0.49*</b>
T							1.00	<b>0.34*</b>	-0.17
NDVI								1.00	-0.19
ETAPA									1.00

#### **Correlaciones entre variables con promedios de ambos muestreos**

Los resultados de la correlación lineal para los promedios de ambos muestreos de las variables evaluadas de forma combinada, se muestran en el cuadro 4.9.

Altura de planta (ALT) se asoció positivamente con ETAPA, al igual que en el segundo muestreo, a diferencia que ahora no lo hizo con peso seco de espigas (PSE), y en contraste con el primer muestreo, ahora se asoció de forma positiva con ETAPA.

Peso seco de hojas (PSH) se correlacionó positivamente con forraje seco total (FST) al igual que en el primer muestreo, con diferencia de no asociarse ahora con peso seco de tallos (PST) y relación hoja-tallo (RHT).

Peso seco de espigas (PSE) se asoció significativamente con ETAPA, de la misma forma que para el primer y segundo muestreos.

Relación hoja-tallo (RHT) se asoció negativamente con ETAPA, al igual que en el segundo muestreo, lo cual confirma que a medida que las variedades o genotipos avanzan en desarrollo fenológico, la relación hoja-tallo tiende a decrecer.

**Cuadro 4. 9. Correlaciones entre variables combinando ambos muestreos**

<b>VARIABLES</b>	<b>ALT</b>	<b>PSH</b>	<b>PST</b>	<b>PSE</b>	<b>FST</b>	<b>RHT</b>	<b>ETAPA</b>
<b>ALT</b>	1.00	0.05	-0.23	0.12	0.28	-0.32	<b>0.54*</b>
<b>PSH</b>		1.00	0.06	-0.09	<b>0.49*</b>	0.16	0.02
<b>PST</b>			1.00	-0.13	0.01	0.28	-0.29
<b>PSE</b>				1.00	-0.02	-0.33	<b>0.54*</b>
<b>FST</b>					1.00	-0.08	0.21
<b>RHT</b>						1.00	<b>-0.57*</b>
<b>ETAPA</b>							1.00

## CONCLUSIONES

En base a los resultados que se obtuvieron en este experimento, se pueden establecer las conclusiones siguientes:

- Existe variabilidad genética entre los genotipos evaluados, lo cual quedó de manifiesto por las diferencias estadísticas entre ellos en todas las variables evaluadas, tanto por muestreo como a través de muestreos.
- Las variedades que destacaron para producción de forraje seco total (FST), fueron: Narro-218-02, Narro-181-02, Narro-112-02 y Narro-97-02 para el primer muestreo; mientras que para el segundo sobresalieron Narro-127-02, Narro-178-02 y Narro-190-02.
- Las correlaciones más consistentes fueron; de forma positiva, peso seco de espigas (PSE) con ETAPA, peso seco de hojas (PSH) con forraje seco total (FST), temperatura de planta (T) y NDVI; y de manera negativa, relación hoja-tallo (RHT) y ETAPA.
- Se puede afirmar que cuanto más joven es la planta al momento del muestreo, la proporción de hoja en el forraje (RHT) es mayor, aunque esto no siempre repercute en la producción total de materia seca.
- Las cebadas forrajeras imberbes son un recurso importante en la producción rápida de forraje invernal en comparación con avena, trigo y triticale.

## LITERATURA CITADA

- Andrade, V. O. 2010. La mancha en red o mancha reticulada de la hoja de la cebada. Escuela de Agronomía, Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. 4 p.
- Bellido, L. L. 1991. Cultivos herbáceos, Vol. 1. Cereales. Editorial Mundi-Prensa. Madrid. pp. 245-272.
- Bennett, J. M., Sinclair, T. R., Muchow, R. C. y Costello, S. R. 1987. Dependence of stomatal conductance on leaf water potential, turgor potential, and relative water content in field-grown soybean and maize. *Crop Sci.*, 27: 984-990.
- Calvo, V. D. 2016. Selección de nuevas líneas de cebada imberbe por su comportamiento forrajero a partir de las fracciones: Tallos, hojas, espigas y rendimiento de grano. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Clarcke, J. M. y Mccaig, T.N. 1982. Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. *Crop Sci.*, 22: 503-506.
- Colín, R. M., V. M. Zamora. V., A.J. Lozano del R., G. Martínez Z. y M.A, Torres T. 2007. Caracterización y Selección de Nuevos Genotipos Imberbes de Cebada para el norte y centro de México. *Tèc Pecu. Mex.*45 (3): 249-262.
- Colín. R. M. 2007. Producción de materia seca, valor nutritivo e interacción genotipo ambiente en líneas imberbes de cebada forrajera. Tesis de Maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Colín, R. M., V. M. Zamora V., M. A. Torres T., M. A. Jaramillo S. 2009. Producción y valor nutritivo de genotipos imberbes de cebada forrajera en la región Lagunera de México. *Tèc Pecu. Mèx.* 47 (1): 27-40.
- Contreras, L. E., Jaimez, Ordaz. J., Hernández, M. T., Añorve, M. J. y Beltrán, H. R. 2008. Composición química de cebadas cultivadas bajo diferentes condiciones de labranza en tres localidades del estado de Hidalgo, México. *Bioagro* 20 (3): 201-208.

- Doraiswamy, P. C., S. Moulin, P.W. Cook, and A. Stern. 2003. Crop yield assessment from remote sensing. *Photogramm. Eng. Remote Sens.* 69(6):665-674.
- Echeverri, S. A. 1958. Anotaciones para un programa de mejoramiento de pastoreo y forrajes. *Agricultura Tropical.* 14:181.190.
- Flores, M. J. A. 1977. *Bromatología animal.* Editorial Limusa. México.
- González, R. A. 2007. Estudio de caracteres fenológicos, agronómicos, morfológicos y fisiológicos en relación con la tolerancia al estrés hídrico en cebada. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid. Madrid.
- González, L., Paredes P., Rial P. 2008. Severidad de la sequía en santa cruz: evaluación a través de índices de vegetación de imágenes modis. Laboratorio de Teledetección y SIG. EEA Santa Cruz. Convenio INTA – Provincia de Santa Cruz. 1 p.
- Guerrero, G. A. 1977. *Cultivos herbáceos extensivos.* Editorial Mundi-Prensa. México.
- Guzmán, P. Y. 2008. Producción de biomasa, relación hoja-tallo y correlaciones en líneas de cebada forrajera imberbe (*Hordeum vulgare* L.). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hernández, S. L., C. López. C., V. H. Aguilar. R. y E.J. Barrios G. 2017. Sexto congreso internacional de investigación en ciencias básicas y agronómicas. Inifap. México. pp. 884-900.
- Hernández, E. 2006. *Tecnología de cereales y oleaginosas.* Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogotá. D. C. pp. 30-31.
- Hernández, O. L. M. 2006. Productividad forrajera de nuevas líneas de cebada imberbe (*Hordeum vulgare* L.) en tres ambientes del norte de México. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Hernández, S. A 1987. *Introducción al mejoramiento genético de los cereales de grano pequeño.* SARH-INIFAP, México.

- Hughes, H. D. M. E. Heath y D. S. Metcalfe. 1974. Forrajes, Editorial CECSA. México. pp. 343-373.
- Houspanossian, J., Schirmbeck. J., Rivas. R., Vázquez. P. 1990. Relación entre la temperatura radiativa de la vegetación y el contenido de agua en suelo. Argentina. pp. 137-138.
- Isabel, I. 1983. Enfermedades transmitidas por las semillas (trigo y cebada). Plagas y enfermedades de los cereales. Ministerio de la agricultura, pesca y alimentación. Ficha técnica. Madrid. 8 p.
- López, L. 1990. Cultivos herbáceos vol. I Cereales. Edición Mundi-Prensa, Madrid. Pág. 124.
- Lucas, H. L. 1963. Determination of forage yield and quality from animal responses. In range research methods: A symposium U. S. Dep. Agr. Music. Publ. 940. pp 43-54.
- Maskova, Z., Zemek F. y Kuet J. 2008. Diferencia normalizada del índice de vegetación (NDVI) en el manejo de los prados de montaña. Boreal Environment Research 13: 417-432.
- Matin, M.A., Brown, J.H. Y Ferguson, H. 1989. Leaf water potential, relative water content, and diffusive resistance as screening techniques for drought resistance in barley. Agron. J., 81: 100-105.
- Méndez, V. M. V. 2004. Comportamiento de cebadas forrajeras imberbes (*Hordeum vulgare* L.) a través de cuatro ambientes. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Muriado, J., Velez, J. P. Salvatierra, P., Scaramuzza, F., & Villarroel, D. 2016. Evaluación de la predicción de rendimiento de la dosis de nitrógeno basada en sensores en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L). Córdoba, Argentina. UNVM.
- Parsons, D. B. 1985. Manual para educación agropecuaria. Trigo, cebada, avena. Editorial Trillas. México, D.F. pp. 56-58.
- Piccioni, M. 1970. Diccionario de alimentación animal. Tercera Edición, Editorial Acribia, Zaragoza, España. 819 p.

- Poelhman, J. M. 1981. Mejoramiento genético de las cosechas. Editorial Limusa. México.
- Ramirez, M. C. 2017. Asociación entre la temperatura de planta y el NDVI con los componentes de rendimiento en trigos duros (*Triticum durum* L.). Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Reynolds, M. P., Pask. A. J. D., Mullan D. M. y Chávez –Dulanto P. N. (Eds.). 2013. Fitomejoramiento Fisiológico I: Enfoques Interdisciplinarios para mejorar la adaptación del cultivo. México, D.F.: CIMMYT.
- Riojas, G. E. 1980. Principales enfermedades de la cebada en México. Circular CIAMEC No. 129. Pág. 15.
- Robles, S. R, 1990. Producción de granos y forrajes. 5ta Edición. Editorial Limusa. México. Pág. 267-284.
- Rosales, L. J. C. 1999. El cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare*) y sus principales plagas y enfermedades. Monografía de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- SAS, Institute. 1988. SAS users Guide; Statistics. Version 6.03 ed. SAS Inst., Cary, NC.
- Sandoval. 2003. Monitoreo de quemas de pastizales y cuantificación de superficies devastadas por incendios forestales mediante imágenes NOAA-AVHRR y LANDSAT ETM.
- Scade, J. 1975. Cereales. Editorial Acribia. España.
- Schonfeld, M.A., Johnson, R.C., Carver, B.F. Y Mornhinweg, D.W. 1988. Water relations in winter wheat as drought resistance indicators. Crop Sci., 28: 526-531.
- Sorrells, M.E., Diab, A. and This, D. 2006. Drought adaptation in barley. In: Jean-Marcel Ribaut (ed.), Drought adaptation in cereals. The Haworth Press Inc., 10 Alice Street, Binghamton, N.Y. 642 p.

- Solís, M. E., Díaz. L. T., J. G. 2001. Efecto de los factores controlables de la producción sobre el rendimiento y la panza blanca del grano en trigo duro. *Terra Latinoamericana*, octubre-diciembre, 375-388.
- Teulat, B., Monneveux, P., Wery, J., Borries, C., Souyris, I., Charrier, A. y This, D. 1997. Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley: a QTL study. *New Phytol.*, 137: 99-107.
- Warren, H. L. and J. H. Martin. 1970. *Cereal crops*. 4ta reimpresión. The McMillon. Londres Inglaterra. 8:478-543.
- Zadoks, J. C., T. T. Chang, and C. F. Konzak, 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.* 14: 415-421.
- Zúñiga, E. J. C. 1987. Comparación de diferentes características cuantitativas y correlaciones en cebada de dos hileras (*Hordeum distichum* L.) y seis hileras (*Hordeum vulgare* L.). Tesis de Maestría UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

#### **CITAS DE INTERNET**

[http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos extensivos/cebada/1279-plagas-de-la-cebada](http://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/cebada/1279-plagas-de-la-cebada) 2017

<http://www.infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm> 2017