

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Evaluación del Rendimiento de Forraje Seco y sus Componentes en Trigos  
Harineros Sin Aristas en Dos Localidades de Coahuila

Por:

**CITLALLI MATUS TRISTE**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Evaluación del Rendimiento de Forraje Seco y sus Componentes en Trigos  
Harineros Sin Aristas en Dos Localidades de Coahuila

Por:

**CITLALLI MATUS TRISTE**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Víctor Manuel Zamora Villa

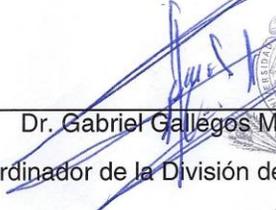
Asesor Principal

  
M.C. Modesto Colín Rico

Coasesor

  
M.P. María Alejandra Torres Tapia

Coasesor

  
Dr. Gabriel Gallegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

  
Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Marzo, 2018

## **AGRADECIMIENTOS**

A **DIOS**, primeramente, por darme el privilegio de vivir hasta el día de hoy, por cada una de las experiencias buenas y malas, porque al final cada una nos deja una lección que nos hace crecer como personas; por haberme brindado la oportunidad de vivir una grata y memorable experiencia como universitaria.

### **A mis padres Rosalva y Elpidio**

Porque solo Dios sabe los sacrificios que han realizado para poder regalarme la mayor herencia que son mis estudios y darme las herramientas más valiosas para enfrentar la vida y ser una persona de bien.

Gracias por darme las alas e impulsarme a volar.

### **Al Dr. Víctor Manuel Zamora Villa**

Por darme la oportunidad y la confianza de poder realizar éste trabajo, por la paciencia que tuvo durante la realización del mismo y por su orientación que me permitió un buen aprovechamiento del trabajo realizado.

### **Al M.C Modesto Colín Rico**

Gracias por el tiempo que me brindo para la revisión del presente trabajo y por las enseñanzas y conocimientos compartidos durante la formación académica.

### **A la Maestra María Alejandra Torres Tapia**

Por haber aceptado ser parte de este trabajo, y por el tiempo invertido en la revisión del mismo.

### **A la UAAAN mi “ALMA MATER”**

Por ser el nido de muchos que como yo eligieron estudiar en la mejor universidad de agronomía. La cual durante este tiempo me dio todo y abrió sus puertas del conocimiento para mí. Buitre por siempre.

## **DEDICATORIAS**

### **A mis padres:**

#### **Rosalva Triste Ramírez, Elpidio Matus Cruz**

A ti mamá que eres ejemplo de valentía, fortaleza y bondad, por ser mi mayor admiración y mi mejor amiga. Con admiración y respeto a ti papá por tus sabias palabras que a lo largo de mi carrera estuvieron presentes y fueron las que no me dejaron abandonar mis propósitos. Los amo infinitamente.

### **A mis hermanos:**

#### **Cecilia y Jared**

Por ser tan importantes en todos mis propósitos, por significar tanto en mi vida quiero ser un ejemplo que ustedes superen.

### **A mis abuelos:**

#### **Mamá Susana y papá Nemesio**

Porque con su voz de experiencia y sus palabras de cariño iluminaron mis pasos desde pequeña, son símbolo de ternura y de mucha felicidad para mí.

### **A mis tíos:**

#### **Reina, Basilia, Norberta, Inno, Susana**

Por ser motivo de felicidad en momentos malos, brindarme su apoyo incondicional y hacerme sentir que más que familia, somos amigos.

### **A mis amigos de la universidad:**

#### **Héctor, Claudia, Luis, Roberto, Aracely, Rosy, Grimaldo**

Por brindarme su apoyo incondicional y su sincera amistad, por compartir buenos y malos momentos, lo cuales nos hacen crecer y valorar a las personas de nuestro alrededor. Gracias por todo y recuerden que siempre los llevare en mi corazón.

**A mis amigos de siempre:**

**Lily, Daisy, Citlaly**

Por motivarme a seguir adelante y darme su apoyo y cariño, porque con ustedes para cada una de mis penas, siempre encuentro el remedio, aun en la distancia.

**A Martha Bravo** por hacer que mi estancia en Saltillo fuera placentera, por darme la mano siempre que lo necesité y brindarme una amistad sincera.

**A Ramón Vargas** por quedarse en los peores momentos y estar presente en los mejores, no existen las palabras para agradecer todo lo bueno que siempre me has brindado.

## INDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	3
Hipótesis.....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
Historia y origen del trigo.....	4
Clasificación taxonómica.....	5
Descripción botánica.....	6
Condiciones ecológicas y edáficas.....	7
Requerimientos Nutricionales.....	9
Oferta y demanda.....	10
Importancia en México.....	11
Importancia estatal.....	12
Características de un buen forraje.....	13
El trigo como forraje.....	15
El trigo como forraje en diferentes etapas de desarrollo.....	16
Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI).....	16
Efectos de la temperatura de planta.....	17
Influencia de la interacción genotipo-ambiente en el trigo.....	18
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
Localización y descripción del sitio experimental.....	20
Preparación del terreno.....	20
Parcelas experimentales.....	21
Densidad y fecha de siembra.....	21
Fecha de siembra.....	21
Fertilización y riego.....	21
Control de malezas.....	22
Material genético.....	22
Variables registradas.....	23
Diseño experimental.....	24
Análisis estadístico.....	24

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	28
Localidad Zaragoza, Coahuila .....	28
Peso Seco de Tallos (PST) .....	28
Peso Seco de Hojas (PSH) .....	29
Peso Seco de Espigas (PSE) .....	30
Forraje Seco Total (FST) .....	32
Etapa fenológica (ETAPA) .....	33
Altura de planta (ALTURA) .....	35
TEMPERATURA (°C).....	36
Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI).....	38
Localidad San Ignacio, Coahuila.....	39
Peso Seco de Tallos (PST) .....	39
Peso Seco de Hojas (PSH) .....	41
Peso Seco de Espigas (PSE) .....	42
Forraje Seco Total (FST) .....	43
Etapa fenológica (ETAPA) .....	45
Altura de planta (ALTURA) .....	46
TEMPERATURA.....	48
Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI).....	49
Análisis de varianza combinado y prueba de medias para las dos localidades .....	51
Correlaciones entre ambas localidades .....	62
5. CONCLUSIONES .....	64
6. LITERATURA CITADA .....	66
Citas electrónicas.....	72
ANEXOS .....	73

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>		<b>Página</b>
2.1	Clasificación taxonómica del trigo	5
2.2	Producción mundial de trigo	11
	Clave o nombre de los genotipos evaluados en la presente	
3.1	investigación (O-I 2016-2017).	22
	Características del análisis de varianza individual para las	
3.2	variables estudiadas.	25
	Resusltados de la prueba de comparación de medias para	
4.1	peso seco de tallos (PST); Zaragoza, Coahuila.	29
	Resultados de la prueba de comparación de medias para peso	
4.2	seco de hojas (PSH); Zaragoza, Coahuila.	30
	Resultados de la prueba de comparación de medias de peso	
4.3	seco para espigas (PSE); Zaragoza, Coahuila.	32
	Resultados de la prueba de comparación de medias para	
4.4	forraje seco total (FST); Zaragoza, Coahuila.	33
	Resultados de la prueba de comparación de medias para	
4.5	Etapa fenologica (ETAPA). Zaragoza; Coahuila.	34
	Resultados de la prueba de comparación de medias para	
4.6	Altura de planta(ALTURA); Zaragoza, Coahuila.	36
	Resultados de la prueba de comparación de medias para	
4.7	TEMPERARTURA; Zaragoza, Coahuila.	37
	Resultados de la prueba de comparación de medias para el	
	índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI);	
4.8	Zaragoza, Coahuila.	39
	Resultado de la prueba de comparación de medias para Peso	
4.9	Seco de Tallos (PST); San Ignacio, Coahuila.	40

4.10	Resultados de la prueba de comparación medias para peso seco de hojas (PSH); San Ignacio, Coahuila.	42
4.11	Resultados de la prueba de comparación de medias para peso seco de espigas (PSE); San Ignacio, Coahuila.	43
4.12	Resultados de la prueba de comparación de medias para forraje seco total (FST); San Ignacio, Coahuila.	44
4.13	Resultado de la prueba de comparación de medias para Etapa fenológica (ETAPA); San Ignacio, Coahuila.	46
4.14	Resultados de la prueba de comparación de medias para (ALTURA); San Ignacio, Coahuila.	47
4.15	Resultados de la prueba de comparación de medias para TEMPERATURA San Ignacio, Coahuila.	49
4.16	Resultados de la prueba de comparación de medias para Índice de Vegetación Diferencial Normalizado. (NDVI); San Ignacio, Coahuila.	51
4.17	Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado sobre localidades	53
4.18	Resultados de la prueba de medias de localidades para las variables estudiadas	54
4.19	Resultados de la prueba de medias de genotipos a través de localidades.	58
4.20	Correlaciones y su significancia entre variables estudiadas para ambas localidades	63

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
2.1	Composición de los forrajes.	13
	Efecto del grado de madurez sobre la composición química de la planta.	
2.2		14
	Interacción genotipo por ambiente para peso seco de espigas (PSE).	
4.1		59
	Interacción genotipo por ambiente para etapa fenológica (ETAPA) en las dos localidades.	
4.2		60
	Interacción genotipo por ambiente para altura de planta (ALTURA), en las dos localidades.	
4.3		61
	Interacción genotipo por ambiente para Índice de Vegetación diferencial normalizado NDVI.	
4.4		61

## ANEXOS

Anexo		Página
1	Análisis de variancia y significancia para peso seco de tallos (PST) Zaragoza, Coahuila.....	73
2	Análisis de varianza y significancia para peso seco de hojas (PSH); Zaragoza, Coahuila.....	73
3	Análisis de varianza y significancia para peso seco de espigas (PSE), Zaragoza coahuila.....	74
4	Análisis de varianza y significancia para forraje seco total (FST); Zaragoza, Coahuila.....	74
5	Análisis de varianza y significancia parala variable etapa fenologica (ETAPA); Zaragoza, Coahuila.....	74
6	Análisis de varianza y significancia para altura de planta (ALTURA); Zaragoza, Coahuila.....	75
7	Análisis de varianza y significancia para TEMPERATURA (°C); Zaragoza, Coahuila.....	75
8	Análisis de varianza y significancia para índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI); Zaragoza, Coahuila.....	75
9	Análisis de varianza y significancia para peso seco de tallo(PST); San Ignacio, Coahuila.....	76
10	Análisis de varianza y significancia para la variable peso seco de hojas (PSH); San Ignacio, Coahuila.....	76
11	Análisis de varianza y significancia para peso seco de espigas (PSE); San Ignacio, Coahila.....	76

12	Análisis de varianza y significancia para forraje seco total (FST); San Ignacio, Coahuila.....	77
13	Análisis de varianza y significancia para etapa fenologica (ETAPA); San Ignacio, Coahuila.....	77
14	Análisis de varianza y significancia para de planta (ALTURA); San Ignacio, Coahuila.....	77
15	Análisis de varianza y significancia para TEMPERATURA (°C) San Ignacio, Coahuila.....	78
16	Análisis de varianza y significancia para Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI); San Ignacio, Coahuila.....	78

## RESUMEN

El trigo (*Triticum aestivum.*), representa en la actualidad uno de los alimentos más importantes para la alimentación humana, además de ser altamente cultivado, y procesado, representa una alta derrama económica, lo que conlleva a una fuente buena de empleos. Su diversificación es tal, que ha traído grandes oportunidades al sector agropecuario, debido a algunas características que lo distinguen como buen forraje, en comparación con otros cultivos invernales.

Por ello, el presente trabajo de investigación se realizó en dos localidades de Coahuila: Zaragoza y San Ignacio, municipio de San Pedro de las Colonias, durante el ciclo otoño-invierno, 2016-2017; con la finalidad de evaluar 12 genotipos elite de trigo harinero sin aristas, utilizando además dos testigos comerciales: Triticale cv. Eronga 83 y Avena cv. Cuauhtémoc, incluyendo también una variedad experimental de cebada forrajera (NARRO 95) proporcionadas por el Programa de Cereales de Granos Pequeños.

Se evaluaron mediante un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, registrando la producción de Forraje Seco Total (FST) y sus fracciones de: peso seco de Tallo, Hojas y Espigas (PST, PSH, PSE), reportando además las variables etapa fenológica (ETAPA) altura de planta (ALTURA), temperatura del dosel (TEMP), y el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI).

Se realizó análisis de varianza para cada variable de estudio en cada localidad, con sus respectivas pruebas de medias utilizando la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS) al 0.05 de probabilidad, y realizando también un análisis combinado sobre localidades, con el objetivo de determinar qué localidad es deseable para la producción de forraje y que genotipo se comportó mejor sobre ambos ambientes.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo permitieron establecer las siguientes conclusiones:

Los genotipos del sitio experimental San Ignacio, reportaron medias menores para la producción de materia seca, incluida la variable PSH, característica que describe a los buenos forrajes, en comparación con las obtenidas para Zaragoza, por lo anterior Zaragoza, Coahuila, se consideró la mejor localidad para producción de forraje. Los genotipos evaluados en San Ignacio presentaron alturas menores en comparación con Zaragoza, y la correlación de ésta con temperatura del dosel, sugieren que al existir temperaturas elevadas la planta mostrara una menor altura.

Los genotipos AN-218-09, AN-263-99 superaron en rendimiento a los testigos NARRO-95, ERONGA 83 y AVENA, confirmando la hipótesis probada en este estudio. Los genotipos más deseables en este trabajo de investigación fueron: AN-218-99, por su mayor producción de Forraje Seco Total (FST), buena altura y etapa fenológica; así como la cebada NARRO 95, quien presentó el mayor Peso Seco de Hojas (PSH), característica que describe a los buenos forrajes, además de ser el genotipo más precoz. Comparada con los genotipos evaluados, la AVENA se comportó como genotipo más tardío, con una altura y peso promedio, confirmando la existencia de opciones distintas para la producción de forraje en la época invernal.

Comparada a los genotipos evaluados, la AVENA se comportó como genotipo más tardío, con una altura y peso promedio, confirmando la existencia de opciones distintas para la producción de forraje en la época invernal.

Se requiere del análisis de la interacción genotipo ambiente para determinar que genotipos son más estables para la producción de forraje seco.

**Palabras clave:** Trigos imberbes, forraje seco, temperatura, interacción genotipo-ambiente.

## 1. INTRODUCCIÓN

El trigo (*Triticum aestivum* L.) es considerado la especie agrícola más antigua cultivada por el hombre y es, en la actualidad, el cereal más cultivado en el mundo; quizás por ser una especie que tiene un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países, de tal manera que en la actualidad ocupa el primer lugar entre los cuatro cereales de mayor producción mundial (Martin, 1990).

La palabra trigo proviene del vocablo latino *Triticum* que significa quebrado, triturado o trillado, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que recubre. *Triticum* significa, por lo tanto: el grano que es necesario trillar para poder ser consumido; tal como el mijo deriva del latín millum que significa molido, o sea, el grano que es necesario moler para poder ser consumido. El trigo es, por lo tanto, una de las palabras más ancestrales para denominar a los cereales (<http://www.oedrus-bc.gob.mx>).

El trigo es considerado el “rey de los cereales”, debido a que es consumido y sembrado en todas las zonas agrícolas del mundo (Peñaherrera, 2011).

En México el trigo es la tercera fuente de nutrientes de bajo costo en la dieta del mexicano (después del maíz y el frijol), sobre todo para las poblaciones rurales y urbanas de escasos recursos. Además, su cultivo, procesamiento y consumo generan una importante derrama económica y un gran número de empleos en varios sectores y actividades de la cadena del Sistema Producto Trigo (Peña *et al.*, 2008).

En el estado de Coahuila, representa una de las actividades que brindan mayores ingresos económicos a las familias de campesinos de las diferentes zonas trigueras de la entidad y, sin embargo, se puede afirmar que el desarrollo tecnológico alcanzado en las diferentes zonas del estado es heterogéneo, ya que en lo que respecta a la Comarca Lagunera, la región de Zaragoza y Norte del estado se

observa una alta tecnología mientras en la región Central y Sur esto no se ha logrado (Camarena, 2002).

En los últimos años el área sembrada de este cultivo con fines forrajeros ha sido creciente, debido a algunas características que lo distinguen frente a otros cultivos anuales invernales. Entre estas, se destaca su capacidad de dar pastoreo temprano en el invierno, una mayor velocidad de rebrote, y un mejor comportamiento sanitario. Complementariamente y como alternativas viables se incluye en los costos de implantación su mezcla con algunas leguminosas como trébol rojo y *Lotus corniculatus*, con el propósito de balancear la pastura, reducir los costos de implantación, mejorar la distribución del forraje producido y darle mayor persistencia a la pastura implantada.

[https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R89/R89\\_12.htm](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R89/R89_12.htm)

El uso de trigo como alimento para bovinos también se presenta como una alternativa concreta para aquellos agricultores que no encuentran mercado para sus productos. El trigo, grano que tradicionalmente tiene como destino los molinos, obviamente por un aspecto de precio, hoy podría ser destinado a la generación de concentrado para bovinos, entregando con ello una materia prima de importante valor nutritivo.

La incorporación del trigo en la cadena forrajera permite remplazar a la avena y el centeno que suelen mostrar pérdidas importantes en calidad y cantidad de forraje a causa de enfermedades y heladas en diferentes etapas del ciclo de cultivo (Bainotti *et al.*, 2002), además, destaca por su alto contenido de energía metabolizable y proteína, parámetros mucho mayores que la avena, la cual es utilizada con mayor frecuencia en alimentación de vacas, terneros y novillos (Irraria, 2004).

El trigo sembrado para doble propósito puede resultar una alternativa para reducir la superficie destinada a verdeos, para sumar raciones de forraje y no disminuir sustancialmente el rendimiento de grano. (Redmon *et al.*, 1996; Krenzer, 1995).

Los cereales presentan características que los hacen especialmente útiles para forraje, ya que producen altos rendimientos y son ricos en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono, (Cherney y Marten, 1982; Cash *et al.*, 2004). Una característica que les da un punto favorable a los buenos forrajes es la característica de no tener aristas, lo cual hace que sean mejor palatables para el ganado y evita lesiones en los mismos. ([www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s09.htm](http://www.fao.org/docrep/007/x7660s/x7660s09.htm)).

Dentro de las actividades del Programa de Cereales de Grano Pequeño de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en los últimos años, se han generado líneas elite de trigo harinero sin aristas, con la posibilidad de ser buenas opciones entre las especies y variedades que se ofrecen en las zonas productoras de forraje en el estado de Coahuila. Sin embargo, es necesario recabar suficiente información para lograr identificar los materiales genéticos ideales para estas zonas productoras. Por ello, para el presente trabajo se implementaron el objetivo general e hipótesis siguientes

### **Objetivo general**

Evaluar la producción de materia seca total de trigos harineros sin aristas en comparación con avena y otras especies en dos localidades de Coahuila.

### **Hipótesis**

Al menos un trigo harinero igualará o superará la producción de materia seca que aporta la avena.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### Historia y origen del trigo

El hombre, en la edad de piedra, sobrevivía comiendo carne de animales que cazaba, y comiendo frutos y raíces que crecían espontáneamente. La consecución de alimento acaparaba casi todas sus energías y le obligaba a llevar una vida nómada y llena de peligros. (<http://www.curiosfera.com/la-historia-del-trigo-evolucion-humana/>).

Sin embargo, un hecho singular vino a poner fin a dicho estilo de vida, y éste fue el cultivo de los cereales, particularmente del trigo, por parte del hombre.

Durante siglos no se registraron cambios importantes en los métodos de cultivo y procesamiento del trigo, a pesar de que este cereal se produjo en prácticamente toda Europa, aunque hubo regiones, (especialmente en el norte del continente), en que se dio preferencia al cultivo del centeno y la cebada (Ramos 2013).

El trigo se consolida como un alimento esencial para el mundo, cada vez con más impacto en los humanos en su consumo, a través de productos especializados y en la formulación de alimentos de consumo animal.

El trigo duro es la especie más cultivada de trigo tetraploide, se estima que el área mundial cultivada de trigo duro comprende aproximadamente 13 millones de ha, es decir, alrededor del 24% de la superficie total de trigo a nivel global, con una producción de 26 millones de ton/año. Una proporción importante del mercado mundial de trigo común o harinero es consumida por los animales, mientras que en el caso del trigo duro la alimentación humana constituye su única utilización, siendo la producción de pasta su principal uso (Gutiérrez *et al.*, 2015).

### Clasificación taxonómica

El trigo harinero pertenece a la familia poaceae y su nombre científico proviene del género al que pertenece y en el cual se encuentra varias especies, pero en particular se clasifica de la forma en que muestra el Cuadro 2.1.

**Cuadro 2.1 Clasificación taxonómica del trigo**

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Triticeae
Género	<i>Triticum</i>
Especie	<i>aestivum</i>

Fuente: (Robles 1990). Producción de granos y forrajes

El trigo se puede dividir de la siguiente manera

- Trigo de invierno: se siembra en otoño y se recoge en primavera, es el que se utiliza en nuestro país.
- Trigo de primavera: se siembra en primavera y se recoge en verano, es propio de países muy fríos. De esta forma se evitan las heladas del invierno que estropearían el trigo
- Trigo común: también llamado vulgar o candeal, es el más cultivado y se utiliza para la panificación.
- Trigo duro: proporciona el grano que se utiliza para la fabricación de pastas alimenticias (macarrones, fideos, etc.), es muy rico en proteínas.

- Trigo compacto: es de calidad relativamente baja y es el que se utiliza para repostería, tiene pocas proteínas  
([http://www.oni.escuelas.edu.ar/2006/BUENOS\\_AIRES/1153/trigo.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2006/BUENOS_AIRES/1153/trigo.htm))

### **Descripción botánica**

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas (Poaceae), siendo las variedades más cultivadas *Triticum durum* (Tejada 1994). Las partes de la planta de trigo se pueden describir de la siguiente manera:

#### **Raíz**

Suelen alcanzar más de un metro, situándose la mayoría de ellas en los primeros 25 cm. de suelo. El crecimiento de las raíces comienza en el periodo de ahijado, estando todas ellas poco ramificadas. El desarrollo de las raíces se considera completo al final del "encañado".

En condiciones de secano la densidad de las raíces entre los 30-60 cm. de profundidad es mayor, aunque en regadío el crecimiento de las raíces es mayor como corresponde a un mayor desarrollo de las plantas.

#### **Tallo**

Es hueco (caña), con 6 nudos. Su altura y solidez determinan la resistencia al encamado (<http://www.labin.net/es/cultivos/trigo/64>).

#### **Hojas**

Las hojas del trigo tienen una forma linear lanceolada (alargadas, rectas y terminadas en punta) con vaina, lígula y aurículas bien definidas.

#### **Inflorescencia**

La inflorescencia es una espiga compuesta por un raquis (eje escalonado) o tallo central de entrenudos cortos, sobre el cual van dispuestas 20 a 30 espiguillas

en forma alterna o compacta, llevando cada una nueve flores, la mayoría de las cuales abortan, rodeadas por glumas.

### **Flor**

Consta de un pistilo y tres estambres. Está protegida por dos brácteas verdes o glumillas, de la cual la exterior se prolonga en una arista en los trigos barbados.

### **Fruto**

El fruto empieza a desarrollarse después de la polinización, alcanzando su tamaño normal entre 30 y 45 días. El fruto es un grano o cariósipide de forma ovoide con una ranura o pliegue en la parte central, en un extremo lleva el germen y el otro tiene una pubescencia que generalmente se llama brocha. El grano está protegido por el pericarpio en color rojo o blanco según la variedad, el resto que es la mayor parte del grano está formado por el endospermo, este a su vez puede ser de color blanco almidonoso y corneo o cristalino. Los granos de tipo almidonoso se usan, para la extracción de harina para pan y los de tipo cristalino se utilizan, para la fabricación de pastas y macarrones (Robles 1990).

## **Condiciones ecológicas y edáficas**

Aunque se puede producir bajo muy diversas condiciones ecológicas y edáficas, el trigo, para su óptimo desarrollo requiere de:

### **Temperatura**

La temperatura ideal para el crecimiento y desarrollo del cultivo de trigo está entre 10 y 24 °C, pero lo más importante es la cantidad de días que transcurren para alcanzar una cantidad de temperatura denominada integral térmica, que resulta de la acumulación de grados días. La integral térmica del trigo es muy variable según la variedad de que se trate. Como ideal puede decirse que los trigos de otoño tienen una integral térmica comprendida entre los 18.50 y 23.75 °C.

La temperatura no debe ser demasiado fría en invierno ni demasiado elevada en primavera ni durante la maduración. Si la cantidad total de lluvia caída durante el ciclo de cultivo ha sido escasa y es especialmente intensa en primavera, se puede producir el asurado.

### **Humedad**

Se ha demostrado en años secos que un trigo puede desarrollarse bien con 300 ó 400 mm de lluvia, siempre que la distribución de esta lluvia sea escasa en invierno y abundante en primavera.

### **Suelo**

El trigo requiere suelos profundos, para el buen desarrollo del sistema radicular. Al ser poco permeables los suelos arcillosos conservan demasiada humedad durante los inviernos lluviosos. El suelo arenoso requiere, en cambio, abundante lluvia durante la primavera, dada su escasa capacidad de retención. En general se recomienda que las tierras de secano dispongan de un buen drenaje.

### **pH**

El trigo prefiere suelos neutros o algo alcalinos. También los microorganismos beneficiosos del suelo prefieren los suelos neutros o alcalinos. El pH varía de 5 a 7, tolera bastante la acidez del suelo más no la salinidad.

### **Ciclo vegetativo**

En el ciclo vegetativo del trigo se distinguen tres períodos:

- Período vegetativo, que comprende desde la siembra hasta el comienzo del encañado.
- Período de reproducción, desde el encañado hasta la terminación del espigado.
- Período de maduración, que comprende desde el final del espigado hasta el momento de la recolección. (<http://www.scribd.com/doc/22053791/Manejo-Del-Cultivo-de-Trigo>).

## Requerimientos Nutricionales

La dosis para fertilizar el trigo es diferente en función del número de riegos aplicados y de la rotación de cultivos (Colín, 1998, citado por Cruz, 2008). En las diferentes regiones del estado de Coahuila, Se sugiere la fórmula de fertilización 120-60-00. En suelos pesados se sugiere aplicar todo el Nitrógeno y el Fósforo al momento de la siembra, mientras que para suelos ligeros se recomienda aplicar todo el Fósforo y la mitad del Nitrógeno; el resto del Nitrógeno inmediatamente antes del primer riego de auxilio. (SAGARPA, 2015)

### Nitrógeno

La respuesta del trigo al nitrógeno es substancialmente menor a la que manifiesta el maíz. Esto puede atribuirse seguramente a la calidad superior del grano de trigo, ligado a una menor eficiencia fisiológica. Sin embargo, los ensayos realizados en la última década muestran una respuesta promedio de 6 a 7 kg de trigo por cada kg de nitrógeno aplicado, con máximos de 12 a 14.

Esto significa que, si el trigo requiere de 30 a 35 kg de N para producir una tonelada de grano, la eficiencia de utilización del nitrógeno de la urea es en promedio de 18 al 25 %, llegando en el mejor de los casos al 50%, valores significativamente inferiores a los que presenta el maíz.

### Fósforo

Si el contenido, de (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), se encuentra entre 5 y 15, se puede rebajar de un 30 a un 40% del fósforo que se ha indicado como necesario. Si el contenido es normal se puede eliminar todo el fósforo (Guerrero, 2017).

El fósforo es la fuente de energía que requiere la planta de trigo para que se produzcan todos los procesos metabólicos. Su deficiencia le imposibilita a la planta completar normalmente dichos procesos metabólicos. Los dos momentos críticos en los que su presencia es fundamental son: la germinación, para favorecer un rápido crecimiento radicular y en prefloración (Salas, 2016).

## **Potasio**

El potasio interviene en la formación de almidón y en el desarrollo de la raíz. Reduce la transpiración, por lo que aumenta la resistencia a la sequía. Como contribuye a la formación de un buen sistema radicular, proporciona mayor resistencia al frío. La extracción de potasio es máxima durante el periodo del encañado (Cruz, 2008).

## **Calcio**

Es indispensable para el desarrollo del trigo, pues influye en la formación y madurez de granos; aunque no influye tanto en la producción como el nitrógeno, fósforo y potasio. Se halla en mayor cantidad en las hojas y cañas que en el grano (Cruz, 2008).

## **Oferta y demanda**

Según datos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, a lo largo de las dos últimas décadas, la producción mundial de trigo ha oscilado entre 522.7 millones de toneladas (la más baja, en la temporada 1994-95) y 687 millones de toneladas (la más alta, en la temporada 2008-09). Los respectivos consumos del producto fueron, según la misma fuente, 541.8 y 644 millones de toneladas. Es cuestionable la razón de que en una temporada (1994-95), el consumo mundial del trigo haya sido mayor que la producción total. Esto radica en el hecho de que, por lo general, siempre queda un margen de existencia del producto en los mercados globales. Por lo que respecta a la producción mundial de trigo, desde el año 2005-06), el primer lugar lo ha ocupado siempre la Unión Europea, que no ha bajado de los 120.2 millones de toneladas (2007-08), y que incluso ha logrado la cifra de 151.6 millones de toneladas (2008-09). Sin embargo, si nos referimos a los países en particular, los primeros lugares de producción los han ocupado también entre 2005-06 y 2009-10 con sus respectivas producciones mínimas y máximas, en millones de toneladas, los siguientes que se presentan en el Cuadro 2.2.

**Cuadro 2.2 Producción mundial de trigo**

<b>Temporada</b>	<b>País</b>	<b>Producción mínima*</b>	<b>Producción máxima*</b>
1-6	China	97.4	113.5
1-7	India	68.6	78.6
1-8	Rusia	44.9	63.7
1-9	EE.UU.	49.2	68.0
1-10	Canadá	20.1	26.6

\*Producción en millones de toneladas. (Félix Ramos Gamiño, 2013).

### **Importancia en México**

El cultivo de trigo en México alcanza un valor superior a 12 mil millones de pesos, cifra que representa el 2.9% del valor de la producción agrícola y lo coloca como el décimo lugar de cultivo en nuestro país, de acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Además, datos del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) señalan que, en nuestro país, el trigo ocupa el segundo lugar en importancia, después del maíz, con una producción anual de 3.4 millones de toneladas.

En México se siembra trigo en casi todos los estados de la República y se adapta tanto a tierras pobres como a ricas, zonas húmedas, semihúmedas y secas (Moreno, 1996). Bajo estas condiciones, en México se pueden considerar seis zonas importantes en la producción de trigo:

1. Zona Noroeste, abarca los estados de Sonora, Sinaloa, Baja California (Norte y Sur), cuya altitud sobre el nivel del mar es de 0 a 150 metros.
2. Zona del bajío, Querétaro, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, y parte de San Luís Potosí, cuya altura varía de 1200 a 1700 m.s.n.m.
3. Región de la Laguna, que comprende parte de los estados de Coahuila y Durango con 1000 a 1200 m.s.n.m.

4. Zona Centro, Aguascalientes, Zacatecas, Durango, y parte de San Luís Potosí con una altura de 1900 a 2500 m.s.n.m.
5. Zona Norte, abarca Chihuahua, Coahuila, Nvo. León y Tamaulipas, con una altura de 300 a 1100 m.s.n.m.
6. Los Valles Altos de México, Puebla, Hidalgo, Tlaxcala y Oaxaca con una altura de 1900 a 2400 m.s.n.m.

Los tipos de trigo en México se clasifican sobre la base de las propiedades del gluten que contienen, a diferencia de Estados Unidos y Canadá en donde los trigos se clasifican por sus hábitos de crecimiento. Además, tienen como destino diferentes industrias de acuerdo a su tipo (SAGARPA, 2014).

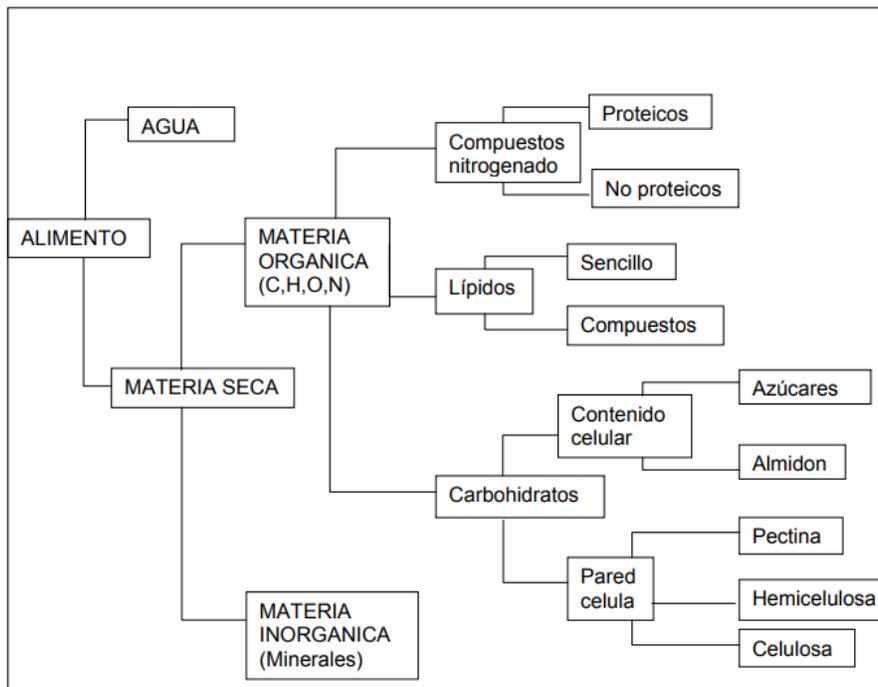
### **Importancia estatal**

En el estado de Coahuila se alcanza un rendimiento promedio de 2.6 toneladas por hectárea bajo condiciones de riego y en temporal se obtiene un rendimiento de 11.5 t ha<sup>-1</sup>, ocasionando una baja rentabilidad en esta región y se requiere alrededor de 4 toneladas por hectáreas para cubrir los costos de producción y como consecuencia no se cubre la demanda de este cereal, (FND, 2014).

En Coahuila, en el año 2015 se sembraron 7, 630 hectáreas bajo la modalidad de riego con un rendimiento promedio de 3.57 t ha<sup>-1</sup>, la mayor superficie se encuentra en el centro- norte del estado, 7, 219 has, en los distritos de Acuña y Frontera y el resto en otros municipios, el municipio de Nava con 3,280 has es el que presenta mayor superficie destinada a este cultivo y con un rendimiento de 3.60 t ha<sup>-1</sup>. (Cortez, 2016).

## Características de un buen forraje

Los forrajes están constituidos por los componentes orgánicos e inorgánicos tal como se presentan en la Figura 2.1, distinguiendo las proteínas carbohidratos y lípidos.

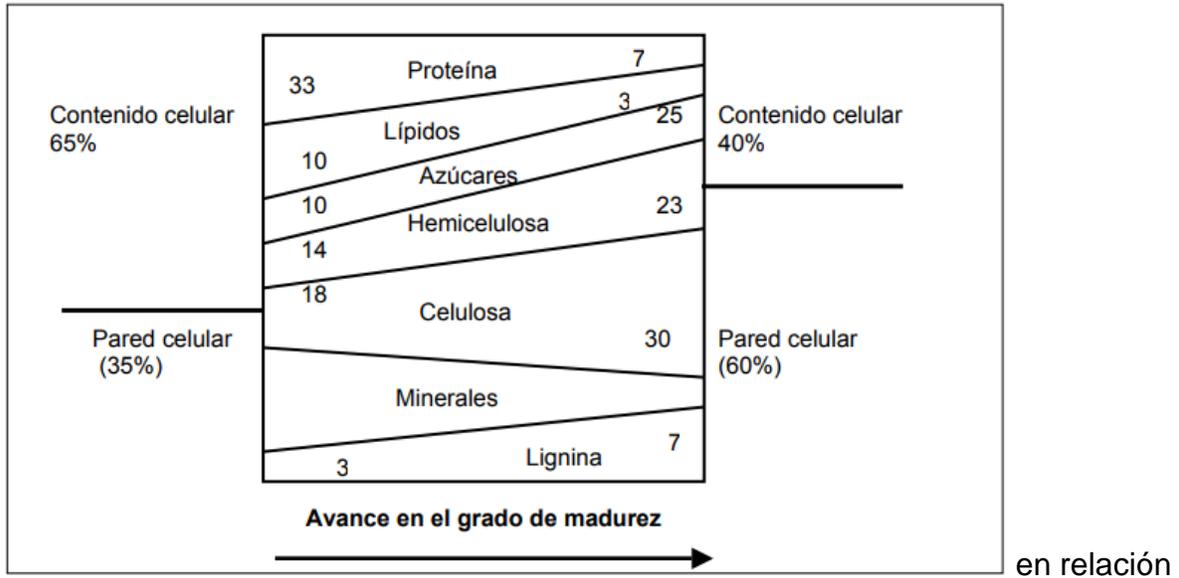


**Figura 2.1 Composición de los forrajes.** FUENTE: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimento, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Córdoba, Informe Técnico N° 7. Año 2004.

En los forrajes es de vital importancia considerar el valor nutritivo, reportándose en general una disminución del mismo conforme la planta madura (Juskiw *et al.*, 2000). El grado de madurez de la planta afectara la composición química de la misma tal como se aprecia en la Figura 2.2.

**Figura 2.2 Efecto del grado de madurez sobre la composición química de la planta.** FUENTE: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimento, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Córdoba, Informe Técnico N° 7. Año 2004.

La calidad forrajera ha sido definida en muchas formas, pero usualmente



en relación a la alta respuesta del animal a una relación alimenticia y su conversión en aumento de peso, producción de leche o de lana (Lucas, 1963).

Herrera (1999), al referirse a la calidad para fuentes forrajeras cita dos criterios (baja y alta calidad) y menciona que forrajes de baja calidad son aquellos cuyo porcentaje de fibra detergente neutro (FDN) sea mayor al 60%, la fibra detergente ácido (FDA) mayor a 35% energía neta de lactancia (ENL) menor de 1.4 Mcal/kg y digestibilidad de la materia seca (DMS) menor del 60%; en contraste considera como forrajes de alta calidad a aquellos cuyo contenido de FDN oscile de 40 a 52%. FDA de 25 a 32%. ENL mayor a 1.45 Mcal/kg y digestibilidad de la materia seca (DMS) superior al 65%.

La calidad de cualquier forraje está afectada por tres puntos principales. Estos puntos afectan a la digestibilidad del forraje y por consecuencia a su ingestión por los animales. El color del forraje y su estado de floración puede servir para una determinación rápida de la calidad, mientras que la determinación de F.D.A. (Fibra

Ácida Detergente) y F.N.D. (Fibra Neutra Detergente) nos servirá para predecir la digestibilidad del forraje y su nivel de ingestión respectivamente.

- Madurez a la cosecha
- Efectos de la cosecha (la pérdida de hojas, sí llovió sobre la cosecha)
- Problemas de almacenaje (hongos, daños ocasionados por calor (Univ. De Florida, 2002)).

Los animales experimentan cambios en sus requerimientos nutritivos de mantención, desarrollo, gestación y lactancia. Un manejo de praderas que tienda a obtener forrajes de un óptimo valor nutritivo, siempre ajustado a las necesidades del animal, es una medida racional. No debe preocuparnos solamente incrementar la cantidad de forraje producido por nuestras praderas, sino que también incrementar su calidad. Indicadores como digestibilidad in vitro y proteína bruta, son entre otros, elementos confiables a ser utilizados en esta tarea. (Soto,1982).

### **El trigo como forraje**

Los cereales presentan características que los hacen especialmente útiles para forraje, ya que producen altos rendimientos y son ricos en proteínas, vitaminas e hidratos de carbono (Cherney y Marten, 1982; Cash *et al.*, 2004).

La incorporación del trigo en la cadena forrajera permite remplazar a la avena y el centeno que suelen mostrar pérdidas importantes en calidad y cantidad de forraje a causa de enfermedades y heladas en diferentes etapas del ciclo de cultivo. Algunas de las condiciones que presenta el trigo en doble propósito son la facilidad de implantación y gran plasticidad en la época de siembra, la excelente reacción luego del pastoreo directo, la calidad nutricional a lo largo de todo el ciclo del cultivo y su importancia como antecesor de cultivos de segunda como soja, maíz, sorgo o girasol (Bainotti *et al.*, 2002).

## **El trigo como forraje en diferentes etapas de desarrollo**

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. En el Norte del País recurrentemente se presentan drásticas variaciones climáticas en invierno, como la helada registrada los días 3 y 4 de febrero del 2011 que causó estragos en la agricultura nacional. 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.*, 2004).

Se ha propuesto que un trigo, triticale o cebada para forraje deberá ser de barba suave o preferentemente imberbe, de espiga cubierta (Flores, 1977), lo cual permitirá extender el periodo de cosecha hasta grano lechoso-masoso o etapas posteriores, sin representar un riesgo al animal.

### **Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)**

El NDVI del trigo en la etapa de inicio de encañe, etapa fenológica 31-33 de la escala de Zadoks (Zadoks *et al.*, 1974), se ha utilizado para predecir el rendimiento de grano (Raun *et al.*, 2002; Moges *et al.*, 2004). El NDVI de una franja ricamente fertilizada, sirve como referencia del trigo expresando el máximo potencial de rendimiento desde el inicio de encañe. (Ortiz-Monasterio y Raun, 2007).

Las estimaciones realizadas por SBNRC (calculadora de la dosis de N basada en sensores) utilizando el NDVI mínimo son buenas, debido a que el intervalo de confianza para la pendiente incluye al 1. El SBNRC realiza una correcta estimación de los valores de rendimiento cuando se utiliza como insumo el NDVI mínimo. El SBNRC, con los valores mínimos de NDVI, es capaz de estimar las diferencias de

rendimiento de la franja rica y las demás parcelas, que se obtuvieron en los rendimientos reales. A diferencia del NDVI promedio, con valores mínimos se evita la saturación que produce trabajar sobre superficies cubiertas densamente (altos valores de NDVI) (Muriado, 2016).

El NDVI es una herramienta muy utilizada en los Estados Unidos, al igual que en Chile. En particular, una investigación desarrollada en Australia (Johnson *et al.*, 1998; Lamb, 1999 y 2000, citados por Guzmán, 2013), han demostrado la utilidad de emplear imágenes aéreas multiespectrales relacionadas con índices de vegetación para proponer áreas de manejo (“bloques”) de cosecha.

### **Efectos de la temperatura de planta**

Hay diversos factores ambientales que afectan la fisiología de los vegetales y la temperatura es uno de los más importantes.

De acuerdo a un estudio realizado por Esquivel (2007), sobre las precipitaciones para el norte de México y temperaturas históricas en al menos 30 años, menciona que la sequía es un proceso recurrente y que las altas temperaturas son un factor agravante de la misma, particularmente en aquellas regiones de baja precipitación promedio y temperaturas altas.

La división celular depende enormemente de la temperatura, ya que su influencia es directa; además, es determinante en procesos como fotosíntesis, respiración, acumulación de azúcares y almidones. Una planta tiene la plasticidad de hacer cambios en su morfología como medio de adaptación en presencia de algún ambiente. También, está relacionada con la germinación de las semillas, la absorción y utilización de los nutrientes, la transpiración, la floración y en general con todo el metabolismo de la planta. El desarrollo de los cultivos depende de la

temperatura y el fotoperiodo, por lo que se requiere índices biometeorológicos para describir este proceso (Robertson, 1983).

Sestak *et al.* (1971), observaron que en la fotosíntesis y en otros procesos físicos, químicos y biológicos que intervienen en el crecimiento y desarrollo de las plantas, la temperatura tiene varios efectos: directo o indirectos, cualitativos y cuantitativos. Berry y Rafique (1988), mencionaron que algunos genotipos tolerantes exhiben una significativa interacción genotipo por ambiente; y que además es aceptado que un número de genotipos capaces de amarrar fruto a temperaturas altas pueden ser utilizados en un programa de mejoramiento si se quieren desarrollar líneas de amplia adaptación.

Se busca seleccionar cultivares que se comporten bien en un amplio rango de ambientes. Sin embargo, la identificación de cultivares ampliamente adaptados se hace difícil cuando existe interacción genotipo por ambiente (G x A). Los genotipos según su condición en diversos ambientes, difieren en su habilidad de respuestas a condiciones ambientales, debido a esto, hace complicado la identificación del genotipo de interés (Eberhart y Russell, 1966).

### **Influencia de la interacción genotipo-ambiente en el trigo**

La mayoría de los procesos de selección de germoplasma para la liberación comercial de semillas involucran generalmente varias variables productivas, sin embargo, en México estos procesos solo han enfatizado en el rendimiento de grano (González *et al.*, 2007; Lozano del Río *et al.*, 2009). En la mecánica de estos procesos, las semillas son sometidas a pruebas ricas en nutrientes y ambientes muy específicos.

Sin embargo, cuando las semillas son liberadas, estas se siembran bajo diferentes condiciones de manejo como densidad y fecha siembra, fertilización, control de plagas, tipos de suelo, pH, duración de horas luz (fotoperiodo), temperatura, etc.

Esto hace que, al sembrarse en ambientes diferentes, su rendimiento varíe, lo cual se define como interacción genotipo x ambiente o estabilidad fenotípica. La estabilidad fenotípica del rendimiento ha tenido varias interpretaciones, siendo dos de ellas la biológica y la agronómica. La biológica es cuando el genotipo presenta mínima variación a través de los ambientes, mostrando un rendimiento constante en cualquier condición de producción. La agronómica es cuando existe una mínima interacción genotipo x ambiente, lo cual está asociado a la pretensión de obtener un incremento del rendimiento en respuestas para su evaluación, con una amplia variedad de condiciones para la obtención de genotipos estables (Becker, 1981).

En este sentido, para evaluar el comportamiento agronómico de los cultivares, generados de los programas de mejoramiento genético de cualquier rubro agrícola, es necesario medir la estabilidad relativa de los genotipos sometidos a la totalidad de los ambientes predominantes en una región potencial de adaptación. Las etapas finales de estos programas incluyen experimentos de evaluación en diferentes localidades durante varios años.

La interacción  $G \times A$  es frecuentemente descrita como la inconsistencia del comportamiento entre genotipos desde un ambiente a otro, y cuando ésta ocurre en gran proporción reduce el progreso genético de la selección (Yang y Baker, 1991; Magari y Kang, 1993).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### Localización y descripción del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo otoño-invierno (2015-2016) en dos localidades:

- Campo Experimental “Zaragoza” propiedad de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicado en el municipio de Zaragoza, Coahuila, en el kilómetro 23 de la Carretera Morelos-Acuña a 13 Km al norte de Zaragoza, Coahuila. Está localidad se ubica geográficamente a 28° 28' 31" latitud norte y 100° 55' 10" longitud oeste, con una altitud de 350 msnm, una temperatura promedio anual de 21.4 °C y una precipitación invernal superior al 10%. Esta unidad experimental cuenta con aproximadamente 57 hectáreas de tierras agrícolas de riego y una fracción cubierta con vegetación forestal de huizache y mezquite. El suelo es arcilloso con contenidos de 35 a 45% de arcilla, mediano en materia orgánica, pobre en nitrógeno, mediano en fósforo, medianamente pobre en potasio y contenido moderado de carbonatos con alcalinidad moderada (pH de 8.2) y no contiene sales.

([http://www.uaaan.mx/investigacion/comeaa/Campos\\_Experimentales\\_2011.pdf](http://www.uaaan.mx/investigacion/comeaa/Campos_Experimentales_2011.pdf))

- Ejido San Ignacio, en terrenos de la Empresa “Beta Santa Mónica”, que está situado en el Municipio de San Pedro de las Colonias, en el Estado de Coahuila de Zaragoza, El clima predominante es seco semicálido, presenta una temperatura media anual que oscila entre los 18 y 22°C. La localidad se encuentra a 02°58 '58" longitud oeste y 25°45 '32"latitud norte, con una altura media de 1100 metros sobre el nivel del mar.

(<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM05coahuila/municipios/05033a.html>).

#### Preparación del terreno

La preparación del terreno consistió en las prácticas tradicionales aplicadas para el establecimiento de cereales de grano pequeño de invierno, en regiones donde se siembra bajo condiciones de riego, se realizaron labores tales como barbecho, rastreo, nivelación y surcado.

La siembra se realizó de manera manual, depositando la semilla en el fondo del surco.

### **Parcelas experimentales**

Las parcelas experimentales consistieron en 6 surcos espaciados a 30 cm y una longitud de 3 metros con un área total de 5.4 m<sup>2</sup>.

### **Densidad y fecha de siembra**

La densidad de siembra para las dos localidades fue de 120 kg/ha.

### **Fecha de siembra**

La fecha de siembra para estas localidades fue el 11 de noviembre de 2016 en San Ignacio y la primera quincena de diciembre de 2016 en Zaragoza, sembrándose en seco y a chorrillo.

### **Fertilización y riego**

Durante el ciclo, en Zaragoza se aportó una fertilización de 120-60-00 aplicándose la mitad de nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto del nitrógeno en el primer riego de auxilio, se utilizaron como fuentes de nitrógeno la Urea y el MAP.

Se aplicó el riego de siembra y dos auxilios antes del muestreo conforme el estatus del cultivo durante su desarrollo. En San Ignacio, se fertilizó con la dosis 93-34-06, durante la siembra se aplicaron 200 kg ha<sup>-1</sup> de Yaramila (42-34-06), aplicándose en el primer auxilio 200 kg ha<sup>-1</sup> de Nitromag (54-00-00).

### **Control de malezas**

Se aplicó el herbicida 2-4-D amina a una dosis de 1.5 l ha<sup>-1</sup> para el control de malezas de hoja ancha y se complementó con deshierbes manuales posteriormente.

### **Material genético**

El material genético utilizado en el presente trabajo experimental, fueron 12 genotipos de trigo harinero sin aristas, utilizando además dos testigos comerciales: Triticale cv. Eronga 83 y Avena cv. Cuauhtémoc, incluyendo también una variedad experimental de cebada forrajera sin aristas: Narro 95 (Cuadro 3.1). Todos los materiales fueron proporcionados por el Programa de Cereales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

**Cuadro 3.1 Clave o nombre de los genotipos evaluados en la presente investigación (O-I 2016-2017)**

Numero de variedad	Genotipo
1	AN-228-09
2	AN-236-99
3	AN-244-99
4	AN-230-09
5	AN-229-09
6	AN-263-09
7	AN-217-09
8	AN-218-09
9	AN-268-99
10	AN-221-09
11	AN-326-09
12	AN-264-09
13	AVENA
14	NARRO 95
15	ERONGA

## **Variables registradas**

### **Forraje Seco Total (FST)**

Se cortó manualmente y con rozadera 0.5 m. de un surco representativo de la parcela, poniéndose a secar de manera natural dentro de bolsas de papel, en el asoleadero del programa de cereales registrándose en gramos el peso seco de la muestra y posteriormente fue transformado a  $t\ ha^{-1}$ .

### **Peso Seco de Tallos (PST), Peso Seco de Hojas (PSH), Peso Seco de Espigas (PSE).**

Después de la cosecha cada muestra del material fue colocada en una bolsa de papel, y se colocó en un espacio acondicionado para secarse de forma natural en el área de programa de cereales, una vez secas las muestras se prosiguió a separar cada una en sus diferentes fracciones (hoja, tallo, espiga). Realizado esto, cada componente fue pesado y transformado a  $t\ ha^{-1}$  (peso seco tallo (PST), peso seco espigas (PSE), peso seco hojas (PSH)). Realizando la suma de los tres componentes se obtuvo el forraje seco total (FST).

### **Etapa fenológica (ETAPA)**

Al momento de medir la Altura de Planta se determinó también la Etapa Fenológica en que se encontraba el cultivo de acuerdo con la escala propuesta por Zadoks *et al.* (1974).

### **Altura de la planta (ALTURA)**

Para medir esta variable, se utilizó un flexómetro, midiendo en centímetros desde la superficie del suelo a la parte superior de la planta.

### **Temperatura de Planta**

Después de la siembra se tomaron lecturas de temperatura con un termómetro infrarrojo de la marca FLUKE con precisión de más de 0.01 °C.

La medición se llevó a cabo una sola vez, las lecturas obtenidas se registraron en °C.

### **Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)**

Al momento de registrar la Temperatura de Planta se determinó también el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) utilizando para ello un medidor de la marca GreenSeeker el cual cuenta con su propia fuente de luz infrarroja.

### **Diseño experimental**

La información recolectada de las variables antes mencionadas se realizó mediante un modelo de bloques completos al azar con tres repeticiones bajo el modelo estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + E_{ij}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = Observación del  $i$  - ésimo tratamiento en la  $j$  – ésima repetición.

$\mu$  = Media general

$t_i$  = Efecto de los tratamientos.

$\beta_j$  = Efecto de los bloques (repeticiones)

$E_{ij}$  = Efecto del error experimental.

$i = 1, 2, \dots, t$  (tratamientos)

$j = 1, 2, \dots, r$  (repeticiones)

### **Análisis estadístico**

La información recolectada en cada una de las localidades se analizó mediante bloques completos al azar que considera las fuentes de variación expuestas en el Cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2 Características del análisis de varianza individual para las variables estudiadas**

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada
<b>Bloques</b>	$(r - 1)$	$\sum \frac{Y_{.j}^2}{g} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	SC(Bloq.)/GL(Bloq.)	CM(Bloq)/CM(Error)
<b>Tratamiento</b>	$(t-1)$	$\sum \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	SC(Bloques/GL(Trat)	CM(Trat)/CM(Error)
<b>Error exp.</b>	$(r-1)(t-)$	$SCT - (SCB + SCTrat)$	SC(Error)/GL(Error)	
<b>Total</b>	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

$Y_{IJK}$ = Rendimiento promedio del i-ésimo genotipo obteniendo el j-ésimo muestreo y k-ésima repetición.

$\mu$ = Efecto de la media general.

$B_j$ = Efecto del j-ésimo muestreo.

$G_i$ = Efecto de b e i-ésimo genotipo.

$GC_{ij}$ = Efecto de la interacción entre el i-ésimo genotipo y el j-ésimo muestreo.

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

$E_{ijk}$ = 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

Para la comparación de medias de las diferentes variables registradas en el experimento se utilizó la prueba de Diferencia Mínima Significativa (DMS), mediante la siguiente formula:

$$W = t_s \sqrt{\frac{2CME}{r}}$$

Donde:

$W$  = Valor de DMS wed

$t_s$  = Valor tabulado y (S) nivel de significancia

$2CME$  = Cuadrado medio del error

$r$  = Repeticiones

### **Coefficiente 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 fórmula.

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

Donde:

C.V.= coeficiente de variación

CMEE= cuadrado medio del error experimental

$X$  = media general

### **Correlaciones**

Se hicieron las correlaciones entre pares de variables para conocer su asociación con la formula siguiente:

$$r = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i * \sum_{i=1}^n y_i}{\sqrt{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]}}$$

Donde:

$r$ = coeficiente de correlación

$n$ = número de pares ordenados

$X$ = variable independiente

$Y$ = variable independiente

Todos los análisis de varianza y pruebas de medias se realizaron mediante el paquete computacional Statistical Analysis System (SAS, 1988). Las correlaciones entre variables se realizaron en Excel.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se exponen los resultados y discusiones de los mismos para cada localidad en las que se evaluaron los genotipos, posteriormente se presentan los obtenidos del análisis conjunto de la información (combinado sobre localidades).

### Localidad Zaragoza, Coahuila

#### **Peso Seco de Tallos (PST)**

El análisis de varianza que se realizó para peso seco de tallos se detectó que entre las repeticiones no existieron diferencias significativas. Sin embargo, entre los genotipos hubo diferencias altamente significativas, siendo favorable por lo que pudiese ser utilizada para la selección o para la mejora de este carácter. Las medias se muestran dentro de un rango aceptable, al igual el Coeficiente de Variación (CV), mostrando un 16.9 % (Anexo1).

La prueba de comparación de medias (DMS al 0.05) mostró cuatro grupos de significancia. El grupo A quedó integrado por seis genotipos con una media que osciló desde 5.756 hasta los 7.133 t ha<sup>-1</sup>, dentro de los cuales AN-263-99 y AN-228-09 junto a 3 genotipos de trigo y la cebada NARRO 95 se ubicaron en el primer grupo de significancia, la avena se ubicó en la última posición dentro del cuarto grupo formado, tal como aparece en el Cuadro 4.1. Este comportamiento en la comparación de medias fue distinto de los resultados obtenidos por Lara (2012), donde él ubicó al genotipo AN-326-99 como el más relevante referente a PST; pero al igual que en su experimento, los resultados obtenidos en este trabajo, muestran a la avena ocupando el último lugar en esta misma variable.

**Cuadro 4.1 Resultados de la prueba de comparación de medias para peso seco de tallos (PST); Zaragoza, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-263-99</b>	7.133	A
<b>AN-228-09</b>	7.1333	A
<b>NARRO 95</b>	7.0222	AB
<b>AN-236-99</b>	6.2667	ABC
<b>AN-268-99</b>	5.8889	ABCD
<b>AN-230-09</b>	5.7556	ABCD
<b>AN-326-09</b>	5.5111	BCD
<b>AN-229-09</b>	5.1778	CD
<b>ERONGA</b>	5.1111	CD
<b>AN-244-99</b>	5.0667	CD
<b>AN-217-09</b>	4.8444	CD
<b>AN-221-09</b>	4.8444	CD
<b>AN-218-09</b>	4.7333	CD
<b>AN-264-09</b>	4.6000	CD
<b>AVENA</b>	4.5333	D

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

### **Peso Seco de Hojas (PSH)**

En el análisis para peso seco de hojas (PSH) no se observaron valores de significancia tanto en la fuente de variación de repeticiones como entre genotipos (Anexo 2), lo cual manifiesta que no existe variación fenotípica para esta característica, y que los genotipos mostraron un peso seco de hojas similar. La media que se presentó en un valor de 4.46, y el CV se consideró aceptable, lo que sugiere menor heterogeneidad de los valores de la variable.

Al realizar la prueba de comparación de medias para peso seco de hojas (PSH), se formaron tres grupos de significancia, al primer grupo lo conforman siete genotipos, encabezando el genotipo AN-218-09 con una media de 5.644 t ha<sup>-1</sup>, y quedando en último grupo el genotipo ERONGA con su media respectiva de 3.711 t ha<sup>-1</sup>, tal como lo muestra el Cuadro 4.2.

Hernández (2017), posicionó en último lugar al genotipo ERONGA, coincidiendo con lo obtenido en el presente trabajo, pero difiere al señalar a los genotipos AVENA y NARRO 95 como los mejores.

Se coincidió también con Roblero (2014), quien de igual manera reportó al genotipo ERONGA como el menos significativo para esta variable.

**Cuadro 4.2 Resultados de la prueba de comparación de medias para la variable peso seco de hojas (PSH); Zaragoza, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-218-09</b>	5.644	A
<b>AN-217-09</b>	4.822	AB
<b>AN-221-09</b>	4.822	AB
<b>NARRO 95</b>	4.711	ABC
<b>AVENA</b>	4.688	ABC
<b>AN-236-99</b>	4.577	ABC
<b>AN-244-99</b>	4.577	ABC
<b>AN-226-09</b>	4.422	BC
<b>AN-263-99</b>	4.311	BC
<b>AN-228-09</b>	4.288	BC
<b>AN-230-09</b>	4.200	BC
<b>AN-268-99</b>	4.133	BC
<b>AN-264-09</b>	4.133	BC
<b>AN-229-09</b>	3.911	BC
<b>ERONGA</b>	3.711	C

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

### **Peso Seco de Espigas (PSE)**

El análisis realizado para peso seco de espigas (PSE) arrojó no significancia en la fuente de variación repeticiones, mientras que obtuvo diferencias altamente significativas para genotipos, lo cual está relacionado con el número de espigas que se obtuvieron de cada muestra, o la ausencia de las mismas. La media para esta variable muestra que hubo un peso muy bajo, al ubicarse en la media tonelada, mientras que el CV se ubicó por arriba del 45%, probablemente por la presencia de genotipos con cero producción de espigas (Anexo 3).

Balbi *et al.* (2013), mencionan que el crecimiento del cultivo está determinado por la radiación solar y temperatura, que se vincula con el intervalo de 20 días prefloración a 10 días pos floración donde se generan el número de granos, lo cual define o no el crecimiento de espigas, aunque en el presente trabajo se presume que la diferencia en fenología de las especies estudiadas fue el principal factor.

En esta variable (PSE), la prueba de DMS, formó seis grupos de significancia, donde se destaca dentro del primer grupo el genotipo: NARRO 95 con una media de 1.711 t ha<sup>-1</sup>, así mismo los genotipos: AVENA, AN-218-09, AN-264-09, AN-221-09 y AN-244-99, pertenecen al último grupo de significancia, reportando una media equivalente a 0, lo cual indica la ausencia de espigas durante su muestreo, como aparece en el Cuadro 4.3.

Lara (2012), obtuvo siete grupos de significancia y ubicó al genotipo AN-263-99 dentro de los más representativos para esta variable, éste mismo genotipo en los resultados presentes se ubica en la segunda posición con medias más relevantes. Roblero (2014), reportó cuatro grupos de significancia para esta variable, coincidiendo en el primer grupo con el genotipo NARRO 95, y con el último con media menos significativa, que es AN-244-99.

**Cuadro 4.3 Resultados de la prueba de comparación de medias de peso seco para espigas (PSE); Zaragoza, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>NARRO 95</b>	1.7111	A
<b>AN-263-99</b>	1.1556	B
<b>AN-230-09</b>	1.0444	BC
<b>AN-268-99</b>	0.9111	BCD
<b>ERONGA</b>	0.8000	BCDE
<b>AN-228-09</b>	0.6667	CDEF
<b>AN-229-09</b>	0.6222	DEF
<b>AN-236-99</b>	0.4000	EFG
<b>AN-217-09</b>	0.3778	FG
<b>AN-326-09</b>	0.3333	FG
<b>AVENA</b>	0.0222	G
<b>AN-218-09</b>	0.000	G
<b>AN-264-09</b>	0.000	G
<b>AN-221-09</b>	0.000	G
<b>AN-244-99</b>	0.000	G

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

### **Forraje Seco Total (FST)**

En los resultados obtenidos del análisis de varianza para la variable forraje seco total (FST) en la fuente de variación de repetición no se detectaron diferencias, mientras que en los genotipos se mostraron diferencias significativas, lo cual hace referencia a la posible variación genética existente entre los materiales. La media para esta variable, es considerablemente buena, ( $10.57 \text{ t ha}^{-1}$ ), el CV se considera aceptable (Anexo 4).

Para esta variable se formaron cinco grupos de significancia al comparar sus medias: en el primero destaca NARRO 95 con una media de  $13.444 \text{ t ha}^{-1}$ , y en el último grupo se encuentra el genotipo: AN-236-99, con una media de  $8.733 \text{ t ha}^{-1}$  (Cuadro 4.4).

Los resultados de Lara (2012), señalaron a los genotipos AN-326-99, AN-268-99 y NARRO 95, como los más sobresalientes coincidiendo con lo obtenido en este trabajo y con Hernández (2017), quien solo reportó un grupo de significancia, encabezando dicho grupo el genotipo y testigo NARRO 95, con una media superior a la obtenida en el presente trabajo.

**Cuadro 4.4 Resultados de la prueba de comparación de medias de forraje seco total (FST); Zaragoza, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>NARRO 95</b>	13.444	A
<b>AN-263-99</b>	12.600	AB
<b>AN-228-09</b>	12.089	ABC
<b>AN-236-99</b>	11.244	ABCD
<b>AN-230-09</b>	11.000	ABCDE
<b>AN-268-99</b>	10.933	BCDE
<b>AN-218-09</b>	10.378	BCDE
<b>AN-326-09</b>	10.267	BCDE
<b>AN-217-09</b>	10.044	CDE
<b>AN-229-09</b>	9.711	CDE
<b>AN-221-09</b>	9.667	CDE
<b>AN-244-99</b>	9.644	CDE
<b>ERONGA</b>	9.622	CDE
<b>AVENA</b>	9.244	DE
<b>AN-236-99</b>	8.733	E

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

### **Etapas fenológicas (ETAPA)**

El análisis de varianza realizado para esta variable, no se encontró significancia para la fuente de variación repetición, en cambio para genotipos se encontraron diferencias altamente significativas, lo cual indica variación para esta característica entre los genotipos evaluados. La media para esta variable se ubicó alrededor del espigamiento medio (de acuerdo a la escala de Zadoks *et al.*, 1974); El CV fue aceptable, (Anexo 5).

La prueba de medias para ETAPA arrojó siete grupos de significancia (Cuadro 4.5); en el primer grupo destacan los genotipos NARRO 95, con una media de 76.0 (estado lechoso medio) y AN-236-99 con una media de 72.7 (estado lechoso temprano), siendo los genotipos más precoces, mientras que en el último grupo se encuentran los genotipos AN-218-09, AN-217-09, AN-221-09 y AVENA en última posición, obteniendo las etapas más bajas, (entre fin de encañe y el inicio del embuche). Roblero (2014), Al realizar la prueba de medias para etapa fenológica obtuvo dos grupos, en el primer grupo se ubicaron 26 genotipos, en los que destacaron: AN-326-09, NARRO-95, AN-221-09, AN-268-99 y AN-263-99 con promedios cercanos a la madurez del grano mientras que los genotipos con etapa más baja fueron: AVENA, AN-222-09, AN-209-09 y AN-216-09 con etapas entre el estado lechoso y estado pastoso del grano, evidenciando que su muestreo fue realizado a mayores días.

**Cuadro 4.5 Resultados de la prueba de comparación de medias y significancia para Etapa fenológica (ETAPA); Zaragoza, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>NARRO 95</b>	76.000	A
<b>AN-236-99</b>	72.667	A
<b>AN-228-09</b>	64.333	B
<b>AN-229-09</b>	63.667	B
<b>AN-263-99</b>	62.333	BC
<b>ERONGA</b>	59.000	BC
<b>AN-268-99</b>	56.333	CD
<b>AN-236-99</b>	51.667	D
<b>AN-326-09</b>	50.333	DE
<b>AN-244-99</b>	44.333	FE
<b>AN-264-09</b>	43.667	FE
<b>AN-218-09</b>	42.333	F
<b>AN-217-09</b>	42.333	F
<b>AN-221-09</b>	42.333	F
<b>AVENA</b>	39.667	F

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

### **Altura de planta (ALTURA)**

En el análisis de varianza realizado para este parámetro, no se encontró significancia en la fuente variación repeticiones, mientras que en genotipos hubo una respuesta altamente significativa. La media presenta que la altura oscila alrededor de un metro con tres centímetros. El CV muestra mayor homogeneidad en los valores de la variable (Anexo 6).

Esto se traduce a una gran variabilidad entre genotipos, que puede ser usada para mejorar dicha característica, si se desea. Camarena (2002), al realizar el análisis de varianza encontró diferencias altamente significativas entre genotipos evaluados, coincide en que existe bastante variabilidad entre los genotipos de trigos para hacer selección de dicha característica.

Chávez (1986) y Urdiano (2002), también reportaron diferencias altamente significativas para altura de planta señalando que pudiera ser debido a la heterogeneidad en el suelo.

Al realizar la prueba de medias para la variable ALTURA se obtuvieron seis grupos de significancia (Cuadro 4.6), en el primer grupo se encuentran los genotipos AN-228-09 y ERONGA, con medias igual a 115.00, además de NARRO 95 y AN-230-09.

En el último grupo se ubicaron los genotipos AN-244-99, AN-218-09, AN-264-09, AN-221-09, AN-217-09, con medias de 93.333 cm los dos primeros y los tres últimos compartiendo la misma media con valor de 91.667 cm.

Hernández (2017) obtuvo un solo grupo de significancia para esta variable posicionando a los genotipos AN-228-09 y Triticale ERONGA en los primeros lugares, aunque estadísticamente fueron iguales al resto. Roblero (2014), menciona de igual manera a los mismos genotipos, dentro de las posiciones más altas de medias, los resultados de los dos autores coinciden con lo obtenido en el presente trabajo.

**Cuadro 4.6 Resultados de la prueba de comparación de medias para Altura de planta (ALTURA); Zaragoza, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-228-09</b>	115.000	A
<b>ERONGA</b>	115.000	A
<b>NARRO 95</b>	113.333	AB
<b>AN-230-09</b>	111.667	ABC
<b>AN-229-09</b>	108.333	BCD
<b>AN-236-99</b>	106.667	CDE
<b>AN-263-99</b>	106.667	CDE
<b>AN-326-09</b>	105.000	DE
<b>AN-268-99</b>	103.333	DE
<b>AVENA</b>	101.667	E
<b>AN-244-99</b>	93.333	F
<b>AN-218-09</b>	91.667	F
<b>AN-264-09</b>	91.667	F
<b>AN-221-09</b>	91.667	F
<b>AN-217-09</b>	91.667	F

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

## **TEMPERATURA (°C)**

El análisis de varianza realizado para este parámetro, detectó que, tanto para la fuente de variación de repeticiones como para genotipos, existieron diferencias altamente significativas, sugiriendo que la alta significancia podría estar influenciada por los genotipos, así como por las condiciones entre los bloques formados (Anexo 7). La media general que presentó esta característica fue de 22.833 °C, lo cual es 0.47 °C más bajo de lo reportado por Ramírez (2017).

En la comparación de medias, que se muestra en el Cuadro 4.7, para TEMPERATURA se detectaron 5 grupos de significancia, el genotipo AVENA con media equivalente a 23.700, fue el puntero del primer grupo, seguido de NARRO 95, AN-228-09, AN-263-99, y ERONGA. De igual forma, el último grupo estuvo conformado por diez genotipos donde AN-217-09, con una media de 22.267 °C

ocupó el último lugar, la diferencia entre el primer y el último grupo de significancia fue de 1.43 °C.

Ramírez (2017) en sus resultados para prueba de medias de esta variable, reportó un solo grupo de significancia, obteniendo medias estadísticamente iguales para cada genotipo, lo cual difiere con lo obtenido en el presente trabajo.

Reynolds *et al.* (2013), mencionan que una temperatura de planta fresca podría ser relacionada directamente con el potencial genético de la capacidad de raíces para explorar la humedad del suelo en un ambiente, en otra situación en la que, por ejemplo, la deficiencia de micro elementos o enfermedades de suelo afectan el crecimiento radicular, los genotipos con doseles más fríos se encontrarían sólo en aquellas líneas que contienen los genes relevantes.

**Cuadro 4.7 Resultados de la prueba de comparación de medias para TEMPERATURA; Zaragoza, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AVENA</b>	23.700	A
<b>NARRO 95</b>	23.500	AB
<b>AN-228-09</b>	23.300	ABC
<b>AN-263-99</b>	23.300	ABC
<b>ERONGA</b>	23.000	ABCD
<b>AN-236-99</b>	22.866	BCDDE
<b>AN-229-09</b>	22.800	BCDE
<b>AN-230-09</b>	22.633	CDE
<b>AN-264-09</b>	22.600	CDE
<b>AN-268-99</b>	22.600	CDE
<b>AN-326-09</b>	22.533	DE
<b>AN-221-09</b>	22.500	DE
<b>AN-244-99</b>	22.467	DE
<b>AN-218-09</b>	22.433	DE
<b>AN-217-09</b>	22.266	E

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

### **Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)**

Para esta variable, el análisis de varianza realizado no mostró significancia en la fuente de variación repeticiones, pero si se obtuvieron diferencias altamente significativas para genotipos. Obteniendo una media general de 0.764 para esta variable (Anexo 8).

Aparicio *et al.* (2000), mencionan que el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), nos indica el estado de la planta. Lo cual es útil para medir el progreso del follaje, además de ser una herramienta no destructiva y que contribuye a determinar el rendimiento.

Al realizar la prueba de medias para esta variable, se obtuvieron siete grupos de significancia, destacando dentro del primer grupo los genotipos: AN-217-09 con una media de 0.8200, y el genotipo AVENA con su respectiva media de 0.81667, seguidos por AN-229-09, AN-221-09 con medias de 0.80, y AN-224-99, AN-326-99, con medias de 0.78. El genotipo ERONGA se situó en el último lugar y último grupo de significancia con una media de 0.68 que sugeriría un lento desarrollo del follaje, de acuerdo con Aparicio *et al.* (2000) ( Cuadro 4.8).

Hernandez (2017), ubicó al genotipo AVENA en primera posición con un NDVI de 0.82, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente trabajo.

**Cuadro 4.8 Resultados de la prueba de comparación de medias para el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI); Zaragoza, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-217-09</b>	0.820	A
<b>AVENA</b>	0.816	A
<b>AN-218-09</b>	0.806	AB
<b>AN-229-09</b>	0.800	AB
<b>AN-221-09</b>	0.800	AB
<b>AN-244-99</b>	0.786	ABC
<b>AN-326-99</b>	0.786	ABC
<b>AN-263-99</b>	0.770	BCD
<b>AN-236-99</b>	0.760	CDE
<b>AN-264-09</b>	0.756	CDE
<b>NARRO 95</b>	0.736	DEF
<b>AN-230-99</b>	0.726	EF
<b>AN-228-09</b>	0.706	FG
<b>AN-268-99</b>	0.706	GFG
<b>ERONGA</b>	0.680	G

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

### **Localidad San Ignacio, Coahuila**

#### **Peso Seco de Tallos (PST)**

En el análisis de varianza realizado para la variable peso seco de tallos (PST) no hubo significancia, lo contrario sucedió con los genotipos donde se reportaron diferencias altamente significativas (Anexo 9), lo cual indica diferencias fenotípicas para esta característica entre cada material.

La prueba de medias DMS para la variable PST formó cinco grupos de significancia, quedando el genotipo AN-263-99 en el primer grupo con una media de 5.444 t ha<sup>-1</sup>, junto con AN-268-99, AN-244-99 y AN-228-09. De igual manera para el último grupo, destacan los testigos AVENA y ERONGA con sus medias respectivas 2.800 y 2.5111 t ha<sup>-1</sup>, tal como se muestra en el Cuadro 4.9.

Los resultados obtenidos para esta característica coinciden con lo reportado por Hernández (2017) quien ubica en último lugar y grupo de significancia a la AVENA con una media de 3.3111 t ha<sup>-1</sup> y difiere con lo mencionado por Lara (2014) quien obtiene al genotipo AN-217-09 como el de mayor rendimiento, siendo que éste se encuentra ubicado en el último grupo de significancia en los resultados de prueba de medias de éste trabajo.

**Cuadro 4.9 Resultado de la prueba de comparación de medias para Peso Seco de Tallos (PST); San Ignacio, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-263-99</b>	5.444	A
<b>AN-268-99</b>	5.200	AB
<b>AN-244-99</b>	4.778	ABC
<b>AN-228-09</b>	4.667	ABCD
<b>AN-236-99</b>	3.867	BCDE
<b>AN-229-09</b>	3.800	BCDE
<b>NARRO 95</b>	3.777	BCDE
<b>AN-336-09</b>	3.733	BCDE
<b>AN-221-09</b>	3.733	BCDE
<b>AN-264-09</b>	3.577	CDE
<b>AN-230-09</b>	3.377	CDE
<b>AN-218-09</b>	3.222	DE
<b>AN-217-09</b>	2.933	E
<b>AVENA</b>	2.800	E
<b>ERONGA</b>	2.511	E

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

### **Peso Seco de Hojas (PSH)**

El análisis de varianza realizado para la variable de peso seco de hojas (PSH), indica que no hubo significancia en la fuente de variación repeticiones, mientras que en genotipos existieron diferencias altamente significativas (Anexo 10), lo cual indica la alta variación de este carácter entre los genotipos.

En la comparación de medias, que se muestra en el Cuadro 4.10, para ésta variable, la prueba de DMS arrojó cinco grupos de significancia, colocando dentro del primer grupo a siete genotipos, destacando dentro de ellos el genotipo y testigo NARRO 95 con una media de 4.555 t ha<sup>-1</sup>, seguido esto por el genotipo AVENA con una media de 4.2000 encabezando al segundo grupo de significancia, de igual forma en el último bloque se ubicó el genotipo ERONGA con una media de 2.1333 t ha<sup>-1</sup>.

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Hernández (2017), quien indica que la prueba de medias solo formó un grupo de significancia encabezado por los genotipos AVENA y NARRO 95, mientras que ERONGA se ubicó en la última posición, tal como se muestra en los resultados presentes.

Lo anterior coincide de igual forma con Roblero (2014), quien reportó dentro de los genotipos más sobresaliente a la AVENA con una media de 4.8000 y a ERONGA como uno de los genotipos menos sobresalientes respecto a esta variable.

**Cuadro 4.10 Resultados de la prueba de medias para peso seco de hojas (PSH); San Ignacio, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>NARRO 95</b>	4.555	A
<b>AVENA</b>	4.200	AB
<b>AN-263-99</b>	3.777	ABC
<b>AN-229-09</b>	3.755	ABC
<b>AN-221-09</b>	3.733	ABC
<b>AN-244-99</b>	3.688	ABCD
<b>AN-268-99</b>	3.444	ABCD
<b>AN-218-09</b>	3.422	BCD
<b>AN-264-09</b>	3.355	BCD
<b>AN-217-09</b>	3.244	BCDE
<b>AN-230-09</b>	3.222	BCDE
<b>AN-228-09</b>	2.733	CDE
<b>AN-226-09</b>	2.600	DE
<b>AN-236-99</b>	2.600	DE
<b>ERONGA</b>	2.133	E

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

### **Peso Seco de Espigas (PSE)**

El análisis realizado para la variable peso seco de espigas no mostró significancia para la fuente de variación repetición, a diferencia de genotipos donde existieron diferencia altamente significativa, lo que indica variación entre cada genotipo de acuerdo al número de espigas, o ausencias de la misma, de igual forma esta alta significancia puede estar determinada por la etapa en la que se encontraba cada genotipo (Anexo 11).

Referente a esta variable (PSE) en el Cuadro 4.11, la prueba de medias muestra siete grupos de significancia, encabezando la media más alta con valor de 1.511 t ha<sup>-1</sup>, el genotipo AN-268-99, AN-244-99 y AN-228-09. Los cuales conforman al

primer grupo, y AN-217-09, Y AVENA como genotipos con la media más bajas, 0.044Y 0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

Roblero (2014) reportó al genotipo AN-268-99 como el más significativo para esta variable y la AVENA como el genotipo con la media más baja, coincidiendo completamente con los resultados antes presentados. De igual forma se coincide con Hernández (2017), quien obtuvo en último lugar para esta variable a la avena con una media de 0.667.

**Cuadro 4.11 Resultados de la prueba de comparación de medias para peso seco de espigas (PSE); San Ignacio, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-268-99</b>	1.511	A
<b>AN-229-09</b>	1.222	AB
<b>AN-236-99</b>	1.089	ABC
<b>AN-228-09</b>	0.978	ABCD
<b>AN-226-09</b>	0.844	BCDE
<b>ERONGA</b>	0.844	BCDE
<b>AN-263-99</b>	0.778	BCDE
<b>AN-230-09</b>	0.688	BCDEF
<b>NARRO 95</b>	0.644	BCDEF
<b>AN-264-09</b>	0.577	CDEFG
<b>AN-244-99</b>	0.444	DEFG
<b>AN-218-09</b>	0.288	AFG
<b>AN-221-09</b>	0.133	FG
<b>AN-217-09</b>	0.044	G
<b>AVENA</b>	0	G

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

### **Forraje Seco Total (FST)**

El análisis de varianza realizado para forraje seco total (FST), no encontró significancia entre repeticiones, en cambio para genotipos reportó diferencias altamente significativas (Anexo 12), lo cual indica suficiente variación genética en este parámetro para hacer selección.

La prueba de medias DMS, que aparecen el Cuadro 4.12, formó cinco grupos de significancia, agrupando dentro del primer grupo a los genotipos: AN-236-99, AN-268-99, AN-244-99, NARRO 95, AN-229-09, AN-221-09, AN-228-09, con medias que oscilaron de 7.915 a 9.234 t ha<sup>-1</sup>. Destacándose como el mejor para esta característica AN-263-99 con una media de 9.234 t ha<sup>-1</sup>, y formado el último grupo el genotipo ERONGA con una media de 4.657 t ha<sup>-1</sup>. El testigo avena, reporta una media aceptable, con valor de 7.0 t ha<sup>-1</sup>, en comparación con los otros genotipos.

Roblero (2014), en sus resultados al analizar 27 genotipos de trigo y tres testigos, reportó dentro del primer grupo de significancia al genotipo AN-263-99, ocupando este mismo material la media más alta en los resultados obtenidos en este trabajo.

**Cuadro 4.12 Resultados de la prueba de comparación de medias para forraje seco total (FST); San Ignacio, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-263-99</b>	9.234	A
<b>AN-268-99</b>	8.667	AB
<b>AN-244-99</b>	8.473	ABC
<b>NARRO 95</b>	8.343	ABC
<b>AN-229-09</b>	7.574	ABCD
<b>AN-221-09</b>	7.469	ABCD
<b>AN-228-09</b>	7.415	ABCD
<b>AVENA</b>	7.000	BCD
<b>AN-264-09</b>	6.942	BCD
<b>AN-218-09</b>	6.649	BCDE
<b>AN-230-09</b>	6.610	BCDE
<b>AN-236-09</b>	6.483	CDE
<b>AN-226-09</b>	6.346	CDE
<b>AN-217-09</b>	6.178	DE
<b>ERONGA</b>	4.657	E

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

### **Etapa fenológica (ETAPA)**

El análisis de varianza correspondiente a ETAPA, mostró que en la fuente de variación repeticiones no existió significancia, mientras que entre genotipos hubo diferencias altamente significativas (Anexo 13), sin duda asociado con la precocidad de cada genotipo y especie estudiadas, sugiriendo que algunos de estos materiales pueden ser interesantes para los productores que desean obtener la cosecha en un menor tiempo.

La prueba de medias para la variable ETAPA formó siete grupos de significancia, lo cual indica que existe buena variabilidad en esta característica, de esta forma se posiciona numéricamente como el genotipo con la media más alta de 62.33 (inicio de floración) al genotipo AN-230-09, seguido de AN-268-09, ERONGA, AN-263-09 en el primer grupo de significancia. Mientras que AVENA se colocó en el último grupo con media de 36.0 (último nudo detectable en la etapa de encañe). tal como se muestra en el Cuadro 4.13.

Hernández (2017), ubicó a la AVENA en la última posición para esta variable, mientras que el genotipo AN-230-09 lo posicionó en el segundo grupo de significancia, el genotipo NARRO-95 aparece como el más representativo para esta variable.

Ramírez (2004), menciona que, si la temperatura sube, la velocidad de desarrollo se incrementa más que la velocidad de crecimiento, dando como resultado, órganos más pequeños y con menos componentes (menos hojas, espiguillas, macollos, grano por espiga y granos chicos). Lo cual puede describir la diferencia tan notoria de etapas para los genotipos evaluados.

**Cuadro 4.13 Resultado de la prueba de comparación de medias para Etapa fenológica (ETAPA); San Ignacio, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-230-09</b>	62.333	A
<b>AN-268-09</b>	59.000	AB
<b>ERONGA</b>	59.000	AB
<b>AN-263-09</b>	59.000	AB
<b>AN-228-09</b>	56.333	BC
<b>AN-236-99</b>	56.333	BC
<b>AN-229-09</b>	53.667	CD
<b>NARRO 95</b>	51.000	DE
<b>AN-226-09</b>	50.667	DE
<b>AN-264-09</b>	48.667	FE
<b>AN-244-99</b>	48.667	FE
<b>AN-218-99</b>	45.000	F
<b>AN-217-99</b>	45.000	F
<b>AN-221-09</b>	45.000	F
<b>AVENA</b>	36.000	G

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

### **Altura de planta (ALTURA)**

El análisis de varianza realizado para la variable ALTURA, indicó que tanto en la fuente de variación repeticiones, como en genotipos existen diferencias altamente significativas (Anexo 14), esto indica la variación entre cada uno de los genotipos para esta variable. La media mostró un promedio de altura de 87.33 cm.

Para la variable ALTURA la prueba de medias (DMS al 0.05) arrojó seis grupos de significancia, la diferencia de medias entre la mayor y la menor son 18.33 cm., tal como se muestra en el Cuadro 4.14. De este modo se posiciona numérica y estadísticamente, en primer lugar, con la altura mayor el genotipo y testigo NARRO 95 con una media de 95.00 cm, de igual manera ERONGA y AVENA se colocan en

el mismo grupo de significancia, junto con seis genotipos más. Las medias para este primer grupo de significancia oscilaron entre 88.33 y 95.0 cm.

En último lugar y último grupo de significancia se encuentra el genotipo AN-217-09 con media equivalente a 81.667 cm.

Hernández (2017), reportó una diferencia entre la media más alta y la menor de 30 cm. Lo cual es mayor a la diferencia obtenida en este trabajo.

Mientras que Camarena (2002), reportó 11 grupos de significancia para ALTURA de planta utilizando la prueba de medias DMS al 0.01 de probabilidad, en donde el primer grupo solamente contuvo al genotipo ERONGA 83 (testigo triticales) con una altura de 130.83 cm, superior a la obtenida en este trabajo.

**Cuadro 4.14 Resultados de la prueba de comparación de medias para Altura de planta (ALTURA); San Ignacio, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>NARRO 95</b>	95.000	A
<b>AN-264-09</b>	93.333	AB
<b>AN-268-99</b>	91.667	ABC
<b>AN-263-99</b>	91.667	ABC
<b>AN-244-99</b>	90.000	ABCD
<b>AN-229-09</b>	88.333	ABCDE
<b>ERONGA</b>	88.333	ABCDE
<b>AVENA</b>	88.333	ABCDE
<b>AN-226-09</b>	88.333	ABCDE
<b>AN-228-09</b>	86.667	BCDE
<b>AN-230-09</b>	85.000	CDE
<b>AN-218-09</b>	83.333	DEF
<b>AN-221-09</b>	81.667	EF
<b>AN-217-09</b>	81.667	EF
<b>AN-264-09</b>	76.667	F

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

## **TEMPERATURA**

El análisis de varianza realizado para TEMPERATURA, detectó que en la fuente de variación repeticiones se encontró diferencia altamente significativa, mientras que en genotipos no se encontró significancia (Anexo 15). Esto sugiere que todos los genotipos mostraron una temperatura similar independientemente de la etapa fenológica en la que se encontraban, pero si variaron en cada repetición en que se ubicaron. La media indica una temperatura que osciló alrededor de 24.60 °C.

En la prueba de medias correspondiente a esta variable se detectó un solo grupo de significancia, lo que estadísticamente indica que todos los genotipos tuvieron una temperatura similar, tal como aparece en el Cuadro 4.15. De esta forma se coloca numéricamente en primer lugar el genotipo AN-263-99 con una media de 25.066 °C, mostrando una temperatura mayor y en última posición AN-230-09 con su media correspondiente de 24.233°C. Obteniendo una diferencia entre estos dos genotipos de solo 0.8334 °C.

Ramirez (2017), en la comparación de medias (Scheffé al 0.05 de probabilidad) para temperatura en planta también obtuvo solo un grupo de significancia, y una diferencia de solo 0.6666 grados centígrados entre el primer y último genotipo, tal resultado es menor al obtenido en el presente trabajo.

**Cuadro 4.15 Resultados de la prueba de comparación de medias para TEMPERATURA; San Ignacio, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-263-99</b>	25.066	A
<b>NARRO 95</b>	25.033	A
<b>AN-236-99</b>	24.900	A
<b>AN-268-99</b>	24.833	A
<b>AN-217-99</b>	24.766	A
<b>AN-228-99</b>	24.666	A
<b>AN-244-99</b>	24.666	A
<b>AN-264-99</b>	24.633	A
<b>AN-229-09</b>	24.500	A
<b>AN-226-09</b>	24.500	A
<b>ERONGA</b>	24.466	A
<b>AN-221-09</b>	24.333	A
<b>AN-218-09</b>	24.266	A
<b>AVENA</b>	24.266	A
<b>AN-230-09</b>	24.233	A

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

### **Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI)**

El análisis de varianza realizado para la variable índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), mostró que en la fuente de variación repeticiones no se encontró significancia, mientras que en genotipos existe una diferencia altamente significativa (Anexo 16), esta significancia entre los genotipos sugiere los distintos estatus que los mismos presentaron, lo cual puede sugerir una oportunidad para mejorar esta característica. La media para esta variable, es baja, al igual que el CV indicó casi nula heterogeneidad entre los valores de esta variable.

La prueba de medias para esta característica (Cuadro 4.16), arrojó cinco grupos de significancia, numéricamente el genotipo AN-244-99 con una media de 0.830 encabeza al primer grupo, seguido por los genotipos: AN-221-09, AN-217-09, AN-218-09, AVENA, NARRO 95, AN-229-99, AN-263-99. Así mismo el genotipo AN-264-99 forma el último grupo de significancia, con una media de 0.7400.

Los valores de NDVI del dosel de un cultivo fluctúan en un rango de 0 a 1 (donde 0 representa ninguna área verde, y 1 representa el verdor máximo). Para duración de la senescencia, permanencia en verde y llenado de grano: se realizan mediciones semanalmente desde la floración hasta la madurez fisiológica. Los genotipos que mantienen el área del dosel con verdor de larga duración, se asocian con un mayor rendimiento (Pask *et al.*, 2013).

De acuerdo a un estudio realizado por Espinosa (2014) en trigos duros, mencionó que el NDVI fue mayor en la etapa vegetativa y disminuyó en el llenado de grano; esto podría relacionarse con la reducción en la actividad fotosintética de las hojas y follaje y mayor actividad de translocación a las estructuras reproductivas, esto como indicador de biomasa total.

**Cuadro 4.16 Resultados de la prueba de comparación de media para Índice de Vegetación Diferencial Normalizado. (NDVI); San Ignacio, Coahuila.**

<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>AN-244-99</b>	0.830	A
<b>AN-221-09</b>	0.810	AB
<b>AN-217-09</b>	0.810	AB
<b>AN-218-09</b>	0.810	AB
<b>AVENA</b>	0.806	AB
<b>NARRO 95</b>	0.806	AB
<b>AN-229-09</b>	0.803	AB
<b>AN-263-99</b>	0.796	ABC
<b>AN-268-99</b>	0.790	BC
<b>AN-230-99</b>	0.776	BCD
<b>AN-236-99</b>	0.776	BCD
<b>AN-228-09</b>	0.773	BCD
<b>AN-226-09</b>	0.763	CD
<b>ERONGA</b>	0.740	DE
<b>AN-264-09</b>	0.703	E

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

### **Análisis de varianza combinado y prueba de medias para las dos localidades**

El análisis de varianza combinado para las dos localidades: Zaragoza y San Ignacio (Cuadro 4.17), reportó, que en la fuente de variación Localidades, hubo diferencias altamente significativas en todas las variables.

En la fuente de variación repeticiones dentro de localidades, no se encontró significancia en las variables: PST, PSH, PSE, FST, ETAPA, NDVI y encontrando una diferencia altamente significativa para ALTURA y TEMPERATURA.

En la fuente de variación genotipo todas las variables se mostraron altamente significativas.

En localidades por genotipo, las variables PST, PSH, FST Y TEMPERATURA, no mostraron significancia, mientras que PSE, ETAPA, ALTURA, NDVI, reportaron diferencias altamente significativas.

En general, los coeficientes de variación mostraron una magnitud aceptable, lo que de alguna manera indica que la conducción del experimento fue adecuada y por lo mismo los resultados puedan considerarse confiables.

El Cuadro 4.18, muestra las pruebas de medias para las dos localidades en cada variable, las cuales puede resumirse en lo siguiente:

En la localidad Zaragoza los genotipos produjeron mayor peso seco de tallos (PST), peso seco de hojas (PSH) y forraje seco total (FST), además de estar en etapa fenológica más avanzada, y presentar mayores alturas, a diferencia de San Ignacio, localidad que presentó el mayor peso seco de espigas (PSE), mayor temperatura del dosel y mayor índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI) mayor.

Atendiendo el aspecto productivo se considera que la localidad de Zaragoza, Coahuila, fue la mejor localidad para la producción de forraje seco en comparación con San Ignacio.

**Cuadro 4.17 Cuadrados medios y significancia del análisis de varianza combinado sobre las dos localidades.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>PST</b>	<b>PSH</b>	<b>PSE</b>	<b>FST</b>	<b>ETAPA</b>	<b>ALTURA</b>	<b>TEMP</b>	<b>NDVI</b>
<b>LOC</b>	1	68.644 **	27.188 **	0.417 **	255.853 **	139.377 **	5601.111**	70.933 **	0.011 **
<b>REP(LOC)</b>	4	0.1158 NS	0.314 NS	0.046 NS	0.528 NS	22.911 NS	87.777 **	1.661 **	0.000 NS
<b>GENO</b>	14	3.857 **	1.242 **	1.013 **	6.748 **	481.725 **	239.563 **	0.476 **	0.006 **
<b>LOC*GENO</b>	14	0.933 NS	0.645 NS	0.367 **	2.528 NS	97.306 **	77.896 **	0.311 NS	0.002 **
<b>ERROR</b>	56	0.863	0.429	0.095	1.909	11.673	16.944	0.225	0.000
<b>TOTAL</b>	89	184.508	78.935	25.269	494.792	8991.155	11345.550	101.269	0.168
<b>MEDIA</b>		4.701	3.914	0.604	8.888	52.822	95.222	23.721	0.775
<b>C.V</b>		19.761	16.742	51.045	15.547	6.468	4.322	2.003	2.970

NS=no significativo, \* =significativo al 0.05 de probabilidad, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Cuadro 4. 18 Resultados de la prueba de medias de las dos localidades para las variables estudiadas.**

	<b>PST</b>	<b>PSH</b>	<b>PSE</b>	<b>FST</b>	<b>ETAPA</b>	<b>ALTURA</b>	<b>TEMP</b>	<b>NDVI</b>
	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media	Media
Zaragoza	5.574 A	4.463 A	0.536 B	10.574 A	54.066 A	103.111 A	22.833 B	0.764 B
San Ignacio	3.828 B	3.364 B	0.6725 A	7.202 B	51.577	87.333 B	24.608 A	0.786 A

NS=no significativo, \* =significativo al 0.05 de probabilidad, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

La comparación de medias para genotipos a través de localidades, que se muestra en el Cuadro 4.19, arrojó los siguientes resultados:

Para peso seco de tallos (PST) se formaron seis grupos de significancia, el genotipo que se comportó mejor fue AN-263-99 con una media de 6.288 t ha<sup>-1</sup>, que junto con tres genotipos más conformaron el primer grupo de significancia; el genotipo con la media más baja para esta variable fue el testigo Avena, quien produjo en promedio 3.660 t ha<sup>-1</sup>. ERONGA alcanzó una media de 3.811 t ha<sup>-1</sup>.

Lo anterior coincide con lo reportado por Hernández (2017), quien posicionó al genotipo AN-263-99 dentro de las medias más altas, este autor a diferencia de los seis grupos de significancia que encontramos en los presentes resultados solo obtuvo uno.

Respecto a la variable peso seco de hojas (PSH) también se formaron seis grupos de significancia, dentro del primer grupo se ubicaron los genotipos: NARRO 95, AN-218-09, AVENA AN-221-09, AN-263-99, AN-217-09, AN-244-99, con medias que oscilaron de 4.133 a 4.630 t ha<sup>-1</sup>, el genotipo con la media más baja fue el testigo ERONGA con una media de 2.922 t ha<sup>-1</sup>, el cual, junto con otros tres genotipos formaron el último grupo de significancia, sin embargo, dicho testigo obtuvo un menor promedio respecto a lo reportado por Chávez (2009).

En la variable peso seco de espigas (PSE) se obtuvieron también seis grupos de significancia, posicionándose como genotipo con la media más alta el AN-268-99 con 1.211 t ha<sup>-1</sup>, dentro del primer grupo formado con cuatro genotipos más; la media más baja la obtuvo el testigo AVENA con 0.011 t ha<sup>-1</sup>. Lo anterior coincide con lo reportado por Hernández (2017), quien posicionó al genotipo AVENA como uno de los más bajos para esta variable.

Referente a forraje seco total (FST) los mejores genotipos fueron AN-263-99, NARRO 95, AN-268-99 y AN-228-09 con promedios alrededor de las 10 toneladas por hectárea, mientras que la media más baja equivalente a 7.139 t ha<sup>-1</sup>. correspondió al testigo ERONGA.

Chávez (2009) reportó al genotipo NARRO 95 como uno de los mejores para esta característica, lo cual coincide con los resultados aquí descritos, contrario a lo reportado por Lara (2012), quien colocó a este genotipo en el segundo grupo de significancia.

Para la variable ETAPA, la comparación de medias arrojó siete grupos de significancia, destacándose dentro del primer grupo el genotipo AN-230-09, mostrándose como el más precoz, de igual forma el genotipo en una etapa fenológica más baja fue el genotipo testigo AVENA. Hernández (2017), coincidió en reportar a este mismo testigo AVENA como el de menor etapa fenológica, lo cual es interesante, ya que se clasifica a los trigo como más precoces que el testigo forrajero más usado en el norte de México. Esta precocidad y la mayor producción de forraje seco por parte de los trigos, los convierten en una opción forrajera para la zona mencionada.

Para la variable ALTURA el genotipo que reportó la media más alta equivalente a 104.167 cm fue el testigo NARRO 95, el cual junto con tres genotipos más (Eronga, AN-228-09 y AN-236-99) conformaron el primer grupo de significancia con más de un metro de altura, mientras que el genotipo AN-217-09 presentó la media más baja con apenas 86.667 cm. Lo anterior concuerda con lo reportado por Roblero (2014), quien mencionó como genotipo más sobresaliente en altura de planta a NARRO 95.

Referente a la temperatura del dosel, el genotipo que presentó la mayor media con 24.266 grados centígrados fue el testigo NARRO 95, el cual se comportó estadísticamente igual a seis genotipos más, mientras que los genotipos AN-230-

09, AN-218-09, y AN-221-09, con sus temperaturas medias de 23.433, 23.416 y 23.350 °C, se posicionaron en el último grupo de significancia.

Una temperatura de planta fresca podría ser relacionada directamente con el potencial genético de la capacidad de raíces para explorar la humedad del suelo en un ambiente, en otra situación en la que, por ejemplo, la deficiencia de microelementos o enfermedades de suelo afectan el crecimiento radicular, los genotipos con doseles más fríos se encontrarían sólo en aquellas líneas que contienen los genes relevantes. (Reynolds *et al.*, 2013). En el presente estudio se asume que la precocidad mostrada por la cebada fue la causa principal de su mayor temperatura de dosel.

Para el NDVI los mejores genotipos fueron AN-217-09, AVENA, AN-244-99, AN-229-09, AN-218-09- AN-221-09 con medias que oscilaron de 0.801 a 0.815, sugiriendo una adecuada condición de la planta y obviamente un color verde del follaje, mientras que el genotipo que se reportó con menor media fue el testigo ERONGA, sugiriendo una coloración más pálida que el resto de materiales y posiblemente una condición pobre de planta.

Ramírez (2017), al realizar la prueba de medias (Scheffé al 0.05 de probabilidad) para Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) reportó solo un grupo de significancia, sugiriendo que no existen diferencias estadísticas entre los genotipos, aunque lo estricto de la prueba pudiera haber enmascarado las diferencias entre genotipos.

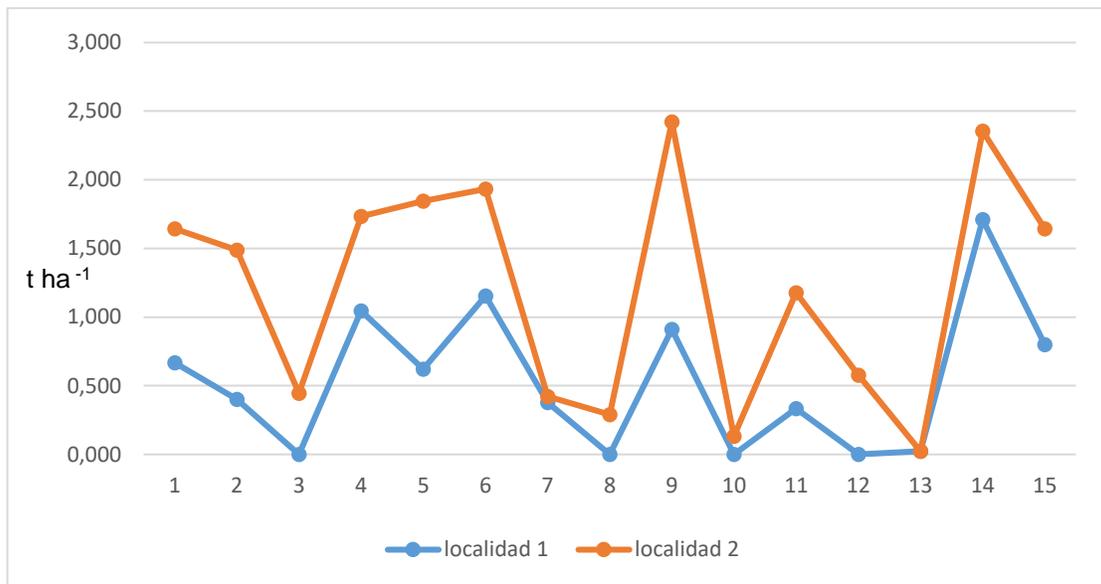
**Cuadro 4.19 Resultados de la prueba de medias de genotipos a través de las dos localidades.**

	PST	PSH	PSE	FST	ETAPA	ALTURA	TEMP	NDVI
GENOTIPO	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA	MEDIA
1	5.900 AB	3.511 EF	0.822 BCD	9.751 AB	60.333 BC	100.833 ABC	23.988 ABC	0.740 F
2	5.066 BCD	3.588 DEF	0.744 CD	8.863 BC	54.000 DE	100.000 ABC	23.883 ABCD	0.768 CDE
3	4.922 BCDE	4.133 ABCDE	0.222 F	9.058 BC	45.500 F	91.667 EF	23.566 CD	0.808 AB
4	4.566 CDF	3.711 CDE	0.866 ABCD	8.805 BC	67.500 A	98.333 BCD	23.433 D	0.751 DEF
5	4.488 CDF	3.833 BCDE	0.922 ABCD	8.642 BCD	58.667 C	98.333 BCD	23.650 BCD	0.801 AB
6	6.288 A	4.044 ABCDE	0.966 ABC	10.916 A	60.667 BC	99.167 BCD	24.183 AB	0.783 BC
7	3.888 EF	4.033 ABCDE	0.211 F	8.111 CD	43.667 F	86.667 G	23.516 CD	0.815 A
8	3.977 EF	4.533 AB	0.144 F	8.513 BCD	43.667 F	87.500 FG	23.350 D	0.808 AB
9	5.544 ABC	3.788 BCDE	1.211 A	9.800 AB	57.667 CD	97.500 BCD	23.716 BCD	0.748 EF
10	4.288 DEF	4.277 ABCD	0.066 F	8.567 BCD	43.667 F	86.667 G	23.416 D	0.805 AB
11	4.622 CDEF	3.511 EF	0.588 DE	8.306 BCD	50.500 E	86.667 CD	23.516 CD	0.875 CD
12	4.088 DEF	3.744 CDE	0.288 EF	7.837 CD	46.167 F	84.167 G	23.616 CD	0.730 FG
13	3.666 F	4.444 ABC	0.011 F	8.122 CD	37.833 G	95.000 DE	23.983 ABC	0.811A
14	5.400 ABC	4.633 A	1.177 AB	10.893 A	63.500 B	104.167 A	24.266 A	0.771 CDE
15	3.811 F	2.922 F	0.822 BCD	7.139 D	59.000 C	101.667 AB	23.733 ABCD	0.710 G

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

## Interacción Genotipo-Ambiente

Enseguida se presentan gráficamente los comportamientos que mostraron los genotipos, en las cuatro variables en que se detectó interacción genotipo-ambiente. Así, la Figura 4.1 muestra que la avena (genotipo 13) fue la principal responsable de la significancia encontrada en la interacción para el peso seco de espigas.



Localidad 1: Zaragoza Coahuila, localidad 2: San Ignacio Coahuila

**Figura 4.1 Interacción genotipo por ambiente para Peso Seco de Espigas (PSE).**

La Figura 4.2 permite apreciar como los genotipos 2, 3, 4, 7 y 13 (AVENA) por el comportamiento diferencial exhibido en las localidades de estudio, fueron los principales responsables de la interacción genotipo ambiente encontrada en la etapa fenológica de los genotipos, que posiblemente fue influenciada por las temperaturas distintas alcanzadas en las mencionadas localidades de estudio.

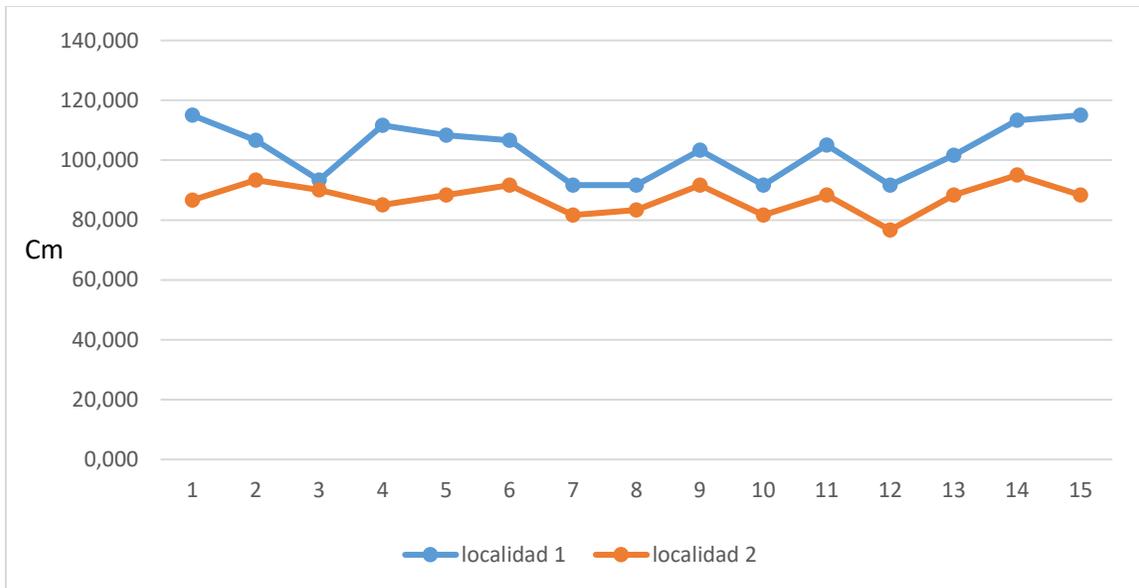


Localidad 1: Zaragoza Coahuila, localidad 2: San Ignacio Coahuila

**Figura 4.2 Interacción genotipo por ambiente para Etapa fenológica (ETAPA) en las dos localidades.**

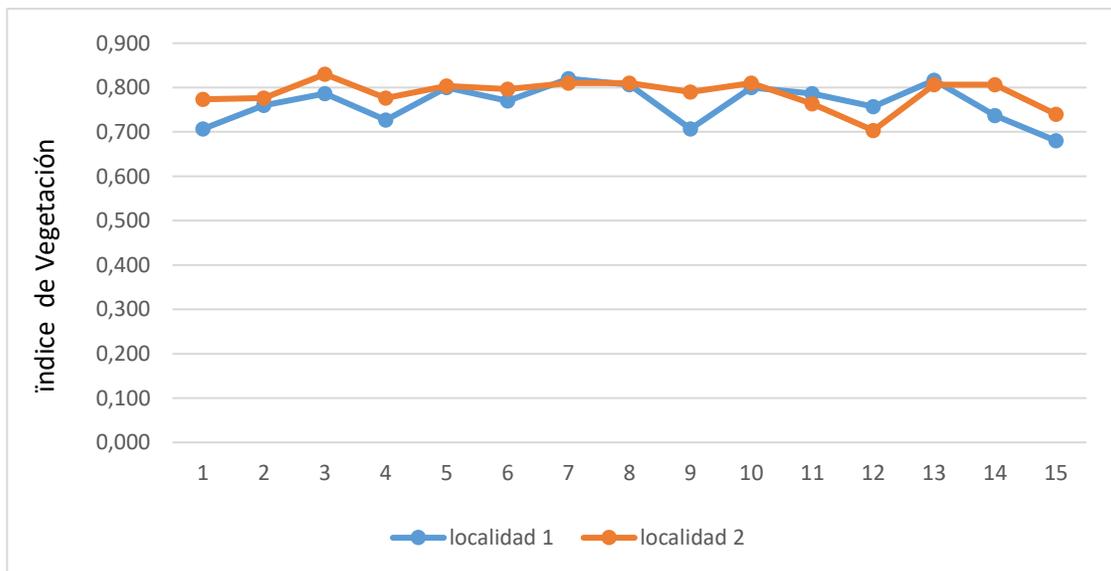
Para la variable altura de planta, la Figura 4.3 permite apreciar como el genotipo 3 tiende a mostrar un comportamiento diferencial, lo cual pudo deberse a condiciones de riego, fertilidad, ataque de insectos o nutrición diferencial que provocaron la disminución de la altura del mencionado genotipo en Zaragoza, Coahuila. Por su parte la Figura 4.4 exhibe el comportamiento en la variable NDVI que mostraron los genotipos 7, 8, 9, 11, 12 y 13 (AVENA) y que contribuyeron en gran medida a la interacción reportada para esta variable.

Debido a que solo se contó con dos ambientes de prueba, no fue posible realizar un análisis estadístico para cada uno de los casos aquí reportados, limitándose a la presentación gráfica y detección de comportamiento diferentes de los genotipos estudiados.



Localidad 1: Zaragoza Coahuila, localidad 2: San Ignacio Coahuila

**Figura 4.3 Interacción genotipo por ambiente para Altura de planta (ALTURA), en las dos localidades.**



Localidad 1: Zaragoza Coahuila, localidad 2: San Ignacio Coahuila.

**Figura 4.4 Interacción genotipo por ambiente para Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) en las dos localidades.**

## **Correlaciones entre ambas localidades**

En el Cuadro 4.20, se presentan las correlaciones para cada una de las variables de estudio, así como su significancia al nivel de probabilidad de 0.05, se observa en dicho cuadro que las variables que presentaron una correlación significativa y positiva fueron las siguientes: PSH con PST, FST con PST, ETAPA con PST, ALTURA con PST, FST con PSH, ALTURA con PSH, ETAPA con PSE, ETAPA con FST, y ALTURA con ETAPA. La correlación positiva indica que, si alguna de las dos variables tiende a decrecer o incrementar, como consecuencia la otra responderá de la misma manera. Así los materiales más rendidores de forraje seco presentan mayor peso seco de tallos y hojas, y fueron altos y precoces; así mismo mientras más precoces fueron los genotipos, el peso seco de espigas y la altura se incrementaron.

Llama la atención que, entre mayor altura exista en los genotipos, las variables PSH, PST, serán mayores, así mismo los genotipos con las alturas más significativas poseerán etapas fenológicas más avanzadas. Hernández (2017), reportó correlación significativa y positiva entre las variables etapa y altura.

Uno de los factores más importantes que determina el crecimiento de una planta es la altura, dicho factor afectara de la misma forma el rendimiento potencial del cultivar (Quintero, 2004).

Por otro lado, las variables que presentaron correlaciones significativas y negativas fueron las siguientes: TEMPERATURA con PST, TEMPERATURA con PSH, TEMPERATURA con FST, TEMPERATURA con ALTURA, NDVI con PSE, NDVI con ETAPA y NDVI con ALTURA; la correlación negativa sugiere que si alguna de las dos variables se incrementa la otra tendera a hacer lo contrario. Así, una mayor temperatura se relacionó con menor forraje seco total, menos hojas y tallos combinados con menor altura de planta. Por su parte el NDVI decreció con etapas fenológicas avanzadas, donde se tiene mayor cantidad de espigas y menor altura.

Hernández (2017), reportó correlación significativa y positiva para: NDVI con ETAPA, contrario a lo encontrado en el presente trabajo.

El índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI) de los genotipos estudiados se afectó negativamente por la ETAPA fenológica más avanzada, ocurriendo lo mismo cuando las plantas presentaron menores alturas. Respecto a la primera relación, se infiere que es algo lógico ya que, al avanzar en madurez, los genotipos pierden el color verde tornándose más amarillos (sobre todo en la espiga) y en el caso particular de éste estudio, ocurrió con los genotipos de menor altura.

**Cuadro 4.20 Correlaciones y su significancia entre variables estudiadas para las dos localidades.**

	PST	PSH	PSE	FST	ETAPA	ALTURA	TEMP	NDVI
<b>PST</b>	1,00							
<b>PSH</b>	<b>0,52*</b>	1,00						
<b>PSE</b>	0,35	- 0,34	1,00					
<b>FST</b>	<b>0,94*</b>	<b>0,74*</b>	0,19	1,00				
<b>ETAPA</b>	<b>0,51*</b>	-0,20	<b>0,82*</b>	<b>0,38*</b>	1,00			
<b>ALTURA</b>	<b>0,80*</b>	<b>0,42*</b>	0,32	0,80	<b>0,57*</b>	1,00		
<b>TEMP</b>	<b>-0,55*</b>	<b>-0,67*</b>	0,26	<b>-0,68*</b>	0,00	<b>- 0,56*</b>	1,00	
<b>NDVI</b>	-0,35	0,17	<b>-0,41*</b>	-0,26	<b>- 0,55*</b>	<b>- 0,46*</b>	0,21	1,00

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo a las evidencias estadísticas obtenidas de esta investigación, pueden formularse las siguientes conclusiones:

- Los genotipos del sitio experimental San Ignacio, reportaron medias menores para la producción de materia seca, incluida la variable PSH, característica que describe a los buenos forrajes, en comparación con las obtenidas en Zaragoza, por lo anterior Zaragoza, Coahuila, se consideró la mejor localidad para producción de forraje.
- Los genotipos evaluados en San Ignacio presentaron alturas menores en comparación con Zaragoza, y la correlación de ésta con temperatura del dosel, sugieren que al existir temperaturas elevadas la planta mostrara una menor altura.
- Los genotipos AN-218-09, AN-263-99 superaron en rendimiento a los testigos NARRO-95, ERONGA 83 y AVENA, confirmando la hipótesis probada en este estudio.
- Los genotipos más deseables en este trabajo de investigación fueron: AN-218-99, por su mayor producción de Forraje Seco Total (FST), buena altura y etapa fenológica; así como la cebada NARRO 95, quien presentó el mayor Peso Seco de Hojas (PSH), característica que describe a los buenos forrajes, además de ser el genotipo más precoz.
- Comparada con los genotipos evaluados, la AVENA se comportó como genotipo más tardío, con una altura y peso promedio, confirmando la

existencia de opciones distintas para la producción de forraje en la época invernal.

- Se requiere del análisis de la interacción genotipo ambiente para determinar que genotipos son más estables para la producción de forraje seco.

## 6. LITERATURA CITADA

Aparicio N.; Jaume C.; José, L A.; a and Conxita, R, 2000. Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agron.J.* 92:83-91.

Balbi P., Martinoia S., Colombo R., Massobrio P. (2014) Modelling recurrent discharge in the spinal a-motoneuron: Reappraisal of the F wave. Volume 125, Pages 427–429.

Becker, H.C.1981. Correlations among some statistical measures of phenotype stability. *Euphytica.* 30:835-840.

Camarena, B. H. S. 2002. Evaluación de genotipos criollos y mejorados de Trigo Harinero (*Triticum aestivum* L.) en Zaragoza, Coahuila. Tesis de Licenciatura. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 73 pág.

Cash, S. D.; Staber, L. M. M.; Wichman, D. M. and Hensleigh, P. F. 2004. Forage yield, quality and nitrate concentration of barley grown under irrigation. Montana State University  
[.http://animalrangeextension.montana.edu/forage/documents/forageyield.pdf](http://animalrangeextension.montana.edu/forage/documents/forageyield.pdf).  
(consultado 20 de diciembre de 2017)

Castro A. L. 1976. Rendimiento y calidad forrajera de cinco cereales evaluados en diferentes estados de desarrollo vegetativo. Tesis de maestría Colegio de Postgraduados. Montecillo, México. 49-53 pp.

Chavez R.J.M. 2009. Efectos de la densidad de siembra en el rendimiento de forraje y sus fracciones en cuatro especies de cereales. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista. Saltillo, Coahuila, México. Pp 40-45.

Cherney, J. H. and Marten, G. C. 1982. Small grain crop forage potential: I. biological and chemical determinants of quality, and yield. *Crop. Sci.* 22:227-231

Colín, R. M.; Lozano, A. J.; Martínez, G.; Zamora, V. M.; Santana, J. T. y Méndez, V.M. 2004. Producción de materia seca de líneas de cebada forrajera imberbe en cuatro ambientes y correlaciones entre algunos componentes del rendimiento de forraje. Resultados de investigación 2003. UAAAN. Buenavista, Saltillo; Coahuila, México 93-101pp.

Cruz M. R. 2008. El Cultivo del Trigo (*Triticum aestivum*). Monografía. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Torreón, Coahuila, México. 53 pág

Flores L. A.; Lizarraga, G. C. y Peñuri, F. J. M. 1984. Evaluación en la producción de forraje, valor nutritivo y calidad de ensilaje en diferentes especies de cereales. *Téc. Pec. Méx. Suplento.* 11 p.

Flores M. J. A. 1977. Bromatología animal. Edición Limusa. México. 1096 p.

González C. I. 2007. Producción y calidad forrajera de líneas de cebada imberbe (*Hordeum vulgare* L.) en la Comarca Lagunera. Tesis Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila México. 82 p.

Guerrero R, E. R. 2017. Evaluación agronómica de cuatro líneas promisorias de Trigo Duro (*Triticum turgidum* L.) a la fertilización nitrogenada en la localidad de Laguacoto III, cantón, Guaranda, provincia Bolívar. Tesis de Licenciatura. Guaranda, Ecuador. Universidad Estatal de Bolívar. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Recursos Naturales y del Ambiente. Escuela Ingeniería Agronómica. 121 pág.

Gutiérrez I. M., Marza F, Butrón R, Quispe F, Gutiérrez G. 2015 Evaluación de quince cultivares de trigo duro en condiciones semiáridas. Info INIAF [revista en la Internet]. [citado 2017 Oct 03] ; 1(6): 37-42.

Hernández C.R. 2015. Comportamiento del crecimiento y rendimiento del cultivo del trigo (*Triticum aestivum* L.) en tres fechas de siembra. *cultrop* [online]., vol.36, n.1 [citado 2018-02-13], pp. 86-92.

Hernández V. R. D. 2017, Fracciones de forraje de trigos Imberbes y su asociación con la temperatura de planta y el NDVI. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila, México. Pag 31, 33, 35,37.

Herrera S. R. 1999. La importancia de los maíces y sorgos mejorados para la producción de forraje. En: Segundo taller nacional de especialidades de maíz. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. 138 p.

Juskiw, P. E.; Helm, J. H. and Salmon, D. F. 2000. Forage yield and quality for monocrops and mixtures of small grain cereals. *Crop Sci.*40:138-147.

Lara R. G. 2012. Producción de materia seca y contribución de los componentes (tallos, hojas y espiga) en trigos imberbes y otros cereales de invierno. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista Saltillo Coahuila México

López-Castañeda, C. 2013. Resistencia a sequía en trigo. pp. 35:39. In: S. Cruz-Izquierdo, O. J. Ayala-Garay, N. Cruz-Huerta, I. Ramírez-Ramírez y E. Martínez-Villegas (eds.). Avances de Investigación 2012. Postgrado en Recursos Genéticos y Reproductividad-Genética. Colegio de Postgraduados. Texcoco, Edo. de México, México. 46-53pp.

Lozano, A.J., V.M. Zamora, L. Ibarra, S.A. Rodríguez, C. Lázaro, M.R. Ibarra. 2009. Análisis de la Interacción genotipo-ambiente mediante el modelo AMMI y potencial de producción de triticales forrajeros (X Triticosecale Wittm). Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 25(31): 81-92.

Lucas H. L. 1963 Determination of forage yield and quality from animal responses in range research methods: A Symposium. U. S. Dep. Agr. Misc. Publ. 940 pp 43-54.

Méndez V. M. 2004. Producción de materia seca de líneas de cebada forrajera imberbe en cuatro ambientes y correlaciones entre algunos componentes del rendimiento de forraje. Resultados de investigación 2003. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 93-101 pp.

Moreno M.E., 1996. Análisis físico y biológico de semillas 3ª Ed. UNAM. México. p. 113-122.

Muriado, J., Velez, J. P., Salvatierra, P., Scaramuzza, F., & Villarroel, D. 2016. Evaluación de la predicción de rendimiento realizada con “calculadora de la dosis de nitrógeno basada en sensores” en el cultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.). Editorial INTA, 1ª edición. Córdoba, Argentina. Pp 39-43.

Ortiz-Monasterio, I. and W. Raun. 2007. Reduced nitrogen and improved farm income for irrigated spring wheat in the Yaqui Valley, Mexico. J. Agric. Sci. 145: 215-222

Peña B, R.J., Hernández E, N., Pérez H, P., Villaseñor M, E., Gómez V, M. M., Mendoza L, M. A. 2008. Calidad de la cosecha de trigo en México. Cielo otoño-invierno 2006-2007. Publicación Especial del CONASISTCONATRIGO, Tajín No. 567 Col. Vertiz Narvarte, Delegación Benito Juárez C.P. 03600 México, D.F. 28p.

Peñaherrera D. 2011. Manejo Integrado de los cultivos trigo y cebada. Módulos de Capacitación para Capacitadores. Módulo III. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias INIAP. Quito-Ecuador. 48 pag.

Quintero E. C. 2004. Factores limitantes, para el crecimiento y producción de arroz en Entre ríos Argentina. Tesis de doctorado. Universidad de Coruña. Pp 43.

Ramírez 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. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila, México. Pp 56-65.

Ramos G.F 2013. Maíz, trigo y arroz, los cereales que alimentan al mundo. Universidad Autónoma de Nuevo León. Primera edición. Monterrey México. Pp. 64,65.

Raun, W. R., J. B. Solie, M. L. Stone, K. L. Martin, K. W. Freeman, R. W. Mullen, H. Zhang, J. S. Schepers, and G. V. Johnson. 2005. Optical sensor based algorithm for crop nitrogen fertilization. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 36: 2759-2781

Redmon, L.A., E.G. Krenzer, B.J. Bernardo y G.W. Horn 1996. Effect of wheat morphological stage at grazing termination on economic return. *Agronomy Journal* 88: 94-97.

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.

Roblero P.J.A. 2014. Producción de materia seca y contribución de los componentes (Tallo, Hoja y Espiga) en trigos imberbes y otros cereales de invierno. Tesis de Licenciatura. Saltillo, Coahuila, Mexico. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pp.33-39.

SAGARPA . 2014. Panorama del trigo. Revista. volumen #1. P 34.

Salas N. D. 2016. Características generales del trigo blando y trigo duro y para que se utiliza. Monografía. Saltillo, Coahuila, México. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Pp 37-41.

Siddique, K. H. M., E. J. M. Kirby, and M. W. Perry. 1989. Ear: Stem ratio in old and modern wheat varieties; Relationship with improvement in number of grains per ear and yield. Field Crop Res. 21: 59-78.

Yang, R. And R. Baker. 1991. Genotype - environment interactions in two wheat crosses. Crop Sci. 31:83-87.

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.

## Citas electrónicas

<http://www.scribd.com/doc/22053791/Manejo-Del-Cultivo-de-Trigo>  
[http://baunne.unne.edu.ar/revista\\_agrotecnia/pdfs/AG\\_21\\_13\\_02Balbi\\_Tasa.pdf](http://baunne.unne.edu.ar/revista_agrotecnia/pdfs/AG_21_13_02Balbi_Tasa.pdf)  
<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-5/ACCION-DE-LA-TEMPERATURA-SOBRE-LA-VEGETACION.pdf>  
[http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/195/Tejeda\\_Lopez\\_Anabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.cucba.udg.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/195/Tejeda_Lopez_Anabel.pdf?sequence=1&isAllowed=y)  
<http://www.aproval.cl/manejador/resources/uso-trigo-en-alimentacin-animal-inia-remehue.pdf>  
<http://www.curiosfera.com/la-historia-del-trigo-evolucion-humana/>  
<http://www.fao.org/docrep/007/y5143s/y5143s09.htm>  
<http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM05coahuila/municipios/05033a.html>  
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>  
<http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/IPA/NR11568.pdf>  
[www.inifap.gob.mx/Documents/agendas\\_tecnologicas/07\\_Coahuila\\_2015\\_SIN.pdf](http://www.inifap.gob.mx/Documents/agendas_tecnologicas/07_Coahuila_2015_SIN.pdf)  
<http://www.labin.net/es/cultivos/trigo/64>  
<http://www.oeidrus-bc.gob.mx>  
[http://www.oni.escuelas.edu.ar/2006/BUENOS\\_AIRES/1153/trigo.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2006/BUENOS_AIRES/1153/trigo.htm)  
[http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/57-pasturas\\_y\\_suplementacion.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/57-pasturas_y_suplementacion.pdf)  
<http://www.redalyc.org/pdf/1932/193230162009.pdf>  
<http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v34n4/2395-8030-tl-34-04-00393.pdf>  
[http://www.uaaan.mx/investigacion/comeaa/Campos\\_Experimentales\\_2011.pdf](http://www.uaaan.mx/investigacion/comeaa/Campos_Experimentales_2011.pdf)  
[https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R89/R89\\_12.htm](https://www.planagropecuario.org.uy/publicaciones/revista/R89/R89_12.htm)  
<http://eprints.uanl.mx/2043/1/1080190958.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1 Análisis de varianza y significancia para peso seco de tallos (PST); Zaragoza, Coahuila.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
<b>REP</b>	2	0.318	0.159	0.836
<b>GENO</b>	14	36.023	2.573	0.008**
<b>ERROR</b>	28	24.860	0.887	
<b>TOTAL</b>	44	61.202		
<b>MEDIA</b>				5.574
<b>C.V</b>				16.9024

\*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

### Anexo 2 Análisis de varianza y significancia para peso seco de hojas (PSH); Zaragoza, Coahuila.

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
<b>REP</b>	2	0.112	0.056	0.872 N/S
<b>GENO</b>	14	9.012	0.643	0.149 N/S
<b>ERROR</b>	28	11.469	0.409	
<b>TOTAL</b>	44	20.595		
<b>MEDIA</b>				4.463
<b>C.V</b>				14.338

NS=No significativo.

**Anexo 3 Análisis de varianza y significancia para peso seco de espigas (PSE); Zaragoza, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
REP	2	0.080	0.040	0.530 N/S
GENO	14	11.267	0.804	0.000 **
ERROR	28	1.744	0.062	
TOTAL	44	13.092		
MEDIA				0.536
C.V				46.541

NS=No significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 4 Análisis de varianza y significancia para forraje seco total (FST); Zaragoza, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
REP	2	0.702	0.351	0.852 NS
GENO	14	72.918	5.208	0.0245 *
ERROR	28	61.164	2.184	
TOTAL	44	134.784		
MEDIA				10.574
C.V				13.976

\* =significativo al 0.05 de probabilidad.

**Anexo 5 Análisis de varianza y significancia para la variable etapa fenológica (ETAPA); Zaragoza, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-CAL</b>
REP	2	60.400	30.200	0.172 N/S
GENO	14	5896.133	421.152	0.000 **
ERROR	28	452.266	16.152	
TOTAL	44	6408.800		
MEDIA				54.066
C.V				7.433

NS=No Significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 6 Análisis de varianza y significancia para Altura de planta (ALTURA); Zaragoza, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
REP	2	41.111	20.555	0.127 N/S
GENO	14	3414.444	243.888	0.001 **
ERROR	28	258.888	9.246	
TOTAL	44	3714.444		
MEDIA				103.111
CV				2.948

NS=No significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 7 Análisis de varianza y significancia para TEMPERATURA (°C); Zaragoza, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
REP	2	4.089	2.0446	0.003 **
GENO	14	7.880	0.562	0.006 **
ERROR	28	5.290	0.188	
TOTAL	44	17.260		
MEDIA				22.833
C.V				1.903

\*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 8 Análisis de varianza y significancia para índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI); Zaragoza, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
REP	2	0.000	0.000	0.865 N/S
GENO	14	0.081	0.005	0.00 **
ERROR	28	0.0154	0.000	
TOTAL	44	0.097		
MEDIA				0.764
C.V				3.073

NS=No significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 9 Análisis de varianza y significancia para peso seco de tallo(PST); San Ignacio, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-CAL</b>
REP	2	0.144	0.0723	0.917 N/S
GENO	14	31.041	2.217	0.013 **
ERROR	28	23.475	0.838	
TOTAL	44	54.662		
MEDIA				3.828
C.V				23.919

NS=no significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 10 Análisis de varianza y significancia para la variable peso seco de hojas (PSH) ); San Ignacio, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
REP	2	1.1454	0.572	0.295 N/S
GENO	14	17.427	1.244	0.010 **
ERROR	28	12.578	0.449	
TOTAL	44	31.152		
MEDIA				3.364
C.V				19.921

NS=no significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 11 Análisis de varianza y significancia para peso seco de espigas (PSE); San Ignacio, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
REP	2	0.105	0.052	0.667 N/S
GENO	14	8.066	0.576	0.004 **
ERRO R	28	3.586	0.128	
TOTAL	44	11.758		
MEDIA				0.672
C.V				53.213

NS=no significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 12 Análisis de varianza y significancia para forraje seco total (FST); San Ignacio, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-Cal</b>
REP	2	1.410	0.705	0.653 N/S
GENO	14	56.958	4.068	0.019**
ERRO R	28	45.783	1.635	
TOTAL	44	104.153		
MEDIA				7.202
C.V				17.753

NS=no significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 13 Análisis de varianza y significancia para etapa fenológica (ETAPA); San Ignacio, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-CAL</b>
REP	2	31.244	15.622	0.132 N/S
GENO	14	2210.311	157.879	0.001 **
ERROR	28	201.422	7.193	
TOTAL	44	2442.977		
MEDIA				51.577
C.V				5.200

NS=no significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 14 Análisis de varianza y significancia para Altura de planta (ALTURA); San Ignacio, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-CAL</b>
REP	2	310.000	155.000	0.005 **
GENO	14	1030.000	73.571	0.006 **
ERROR	28	690.000	24.642	
TOTAL	44	2030.000		
MEDIA				87.333
C.V				5.684

, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 15 Análisis de varianza y significancia para TEMPERATURA (°C); San Ignacio, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-CAL</b>	
REP	2	2.563	1.281	0.015 **	
GENO	14	3.1564	0.225	0.607 N/S	
ERRO	28	7.356	0.262		
R					
TOTAL	44	13.076			
MEDIA					24.608
C.V					2.082

NS=no significativo \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.

**Anexo 16 Análisis de varianza y significancia para Índice de Vegetación Diferencial Normalizado. (NDVI ); San Ignacio, Coahuila.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>F-CAL</b>	
REP	2	0.001	0.000	0.281 N/S	
GENO	14	0.044	0.003	0.000 **	
ERROR	28	0.014	0.000		
TOTAL	44	0.059			
MEDIA					0.786
C.V					2.868

NS=no significativo, \*\* =significativo al 0.01 de probabilidad.