

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Fracciones de Forraje de Trigos Imberbes y su Asociación con la Temperatura de Planta y el NDVI

Por:

**REY DAVID HERNÁNDEZ VALENCIA**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Saltillo, Coahuila, México.

Diciembre de 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Fracciones de Forraje de Trigos Imberbes y su Asociación con la Temperatura de Planta y el NDVI

Por:

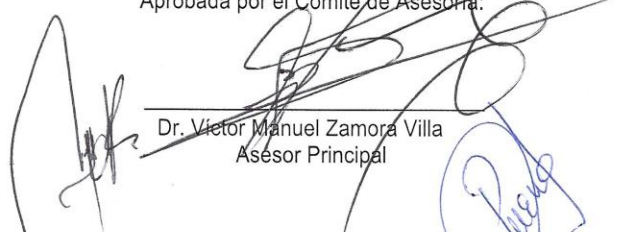
**REY DAVID HERNÁNDEZ VALENCIA**

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

Dr. Pedro Cadena Iñiguez  
Coasesor

Dr. Gabriel Callegos Morales  
Coordinador de la División de Agronomía



Coordinación  
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.  
Diciembre de 2017

## **DEDICATORIAS**

### **A Dios.**

A ese ser supremo, padre de toda la ciencia, por darme la oportunidad de vida, por ser mi guía, mi fortaleza que siempre ha estado en todo los momentos difíciles y alegría, por darme la suficiente capacidad para alcanzar una de mis metas puestas en mi vida de terminar una carrera.

### **A mis padres Rodrigo Hernández Valencia y Clara Valencia Valencia**

Por darme la vida, su amor, sus apoyos de manera incondicional, por inculcar sus principios, costumbres, por sus consejos y sus palabras alentadores, mi caída, triunfo y metas superadas son también de ellos.

**A mis hermanos, José Roselio Hernández Valencia, Keny Hernández Valencia, Luz Aparicia Hernández Valencia, José Rodrigo Hernández Valencia y Rodrigo Hernández Valencia,** quienes me han dado su amor, sus cariños, por las experiencias vividas y compartidas en los momentos de tristeza, alegría y lucha, por sus apoyos, sus ilusiones puestas en mí para seguir con firmeza, luchando por cada uno de mis sueños.

### **A mis abuelos**

**Julio Hernández Pérez**

**Aparicia Valencia Morales (+)**

**Áureo Valencia Guzmán**

**María Antonia Valencia Pérez**

Por la dedicación, amor tan especial, enseñanzas de valor incalculable, sus experiencias que me brindaron durante todo momento, gracias por ser los pilares y fuente de sabiduría en mi vida.

**A mi novia,** Josefina Delgado Ramírez por su amor, comprensión, paciencia, su apoyo incondicional en las buenas y malas que me ha brindado en este proceso de preparación, que ha sido una parte fundamental para este propósito y de lucha continua por cada uno más de mis sueños.

**A la familia Hernández Valencia y Delgado Ramírez,** por brindarme esa cobija familiar, por sus palabras de aliento, su amistad sincera, sus experiencias compartidas y por cada uno de esos momentos especiales vividos.

**A mis compañeros,** por brindarme su amistad, compartir esos momentos de felicidad, sus experiencias y costumbres, por ser una generación muy unida y un apoyo mutuo de lucha por cada meta puesta.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis familiares**, un gran agradecimiento por que han estado en todo momento decisivo e importante en mi vida, por sus apoyos para alcanzar uno de mis retos durante este proceso de formación.

**A Don Antonio Narro y Doña Trinidad Narro**, por su preocupación por la educación, su humanidad y su gran colaboración de donar su hacienda y fortuna para la construcción de una escuela agronómica, por su gran visión de formar muchas generaciones de ingenieros agrónomos y en particular mi formación.

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro “Alma Terra Mater”** por brindarme la oportunidad, maestros, conocimientos y tecnología para mi formación profesional y humano, haciendo de mi un hombre de bien y provecho para mis seres queridos y la sociedad en conjunto.

**Al Dr. Víctor Manuel Zamora Villa**, por la amistad, confianza y la oportunidad de realizar este trabajo de tesis, por su asesoría, tiempo, consejos brindados para la realización y culminación satisfactoria de esta práctica de investigación.

**Al Dr. Pedro Cadena Iñiguez**, por su valiosa amistad de mucho tiempo, consejos, apoyo incondicional y la experiencia compartida durante este proceso de trabajo de investigación de tesis.

**Al M.C. Modesto Colín Rico**, por su amistad y experiencia en los cultivos forrajeros y toda esa información proporcionada para complementación y culminación de manera satisfactoria de este trabajo de tesis final.

**A mis maestros,** que formaron parte de mi vida formativa, gracias por brindarme sus amistades, conocimientos, experiencia, sus consejos de cómo enfrentar las adversidades de la vida y en el ámbito profesional para así ser un mejor ser humano.

## INDICE

Pág.

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTO.....	III
INDICE.....	V
INDICE DE CUADROS.....	VII
RESUMEN.....	X
<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
Objetivo.....	3
Hipótesis.....	3
<b>REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
Generalidades de las especie evaluadas. Trigo ( <i>Triticum aestivum</i> L).....	4
Origen geográfico.....	5
Clasificación taxonómica.....	6
Descripción botánica.....	7
Condiciones ecológicas y edáficas.....	9
Uso de trigo como forraje.....	13
Componentes del rendimiento forrajero.....	14
Uso de sensores infrarrojos en la agricultura.....	15
Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI).....	16
Temperatura de planta.....	17
Relación de la temperatura y NDVI con la producción de biomasa.....	18

<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	20
Localización y descripción del sitio experimental.....	20
Material genético utilizado.....	21
Preparación del terreno.....	21
Densidad de siembra.....	21
Fertilización.....	22
Fecha de siembra.....	22
Riego.....	22
Parcela experimental.....	22
Control de malezas.....	22
Variables registrados.....	22
Diseño experimental.....	24
Análisis estadístico.....	24
Comparación de medias.....	26
Correlaciones.....	26
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	27
Correlación entre variables.....	52
<b>CONCLUSIONES</b> .....	55
<b>LITERATURA CITADA</b> .....	56
<b>CITAS ELECTRÓNICAS</b> .....	65



## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pag.</b>
Cuadro 3.1 Clave y nombre del material genético evaluado en la presente investigación.....	21
Cuadro 3.2 Análisis de varianza utilizado con sus fuentes de variación, suma de cuadrados, cuadrados medios y F calculada.....	25
Cuadro 4.1 Análisis de varianza y significancia para forraje verde en toneladas (FVTON).....	27
Cuadro 4.2 Resultados de la prueba de comparación de medias en forraje verde en tonelada (FVTON).....	29
Cuadro 4.3 Análisis de varianza y significancia en forraje seco en toneladas (FSTON).....	30
Cuadro 4.4 Resultados de la prueba de comparación de medias en forraje seco en toneladas (FSTON).....	32
Cuadro 4.5 Análisis de varianza y significancia en ETAPA.....	33
Cuadro 4.6 Resultados de la prueba de comparación de medias en ETAPA...34	
Cuadro 4.7 Análisis de varianza y significancia en ALTURA (cm).....	35
Cuadro 4.8 Resultados de la prueba de comparación de medias en ALTURA (cm).....	37

Cuadro 4.9 Análisis de varianza y significancia en COBERTURA %.....	38
Cuadro 4.10 Resultados de la prueba de comparación de medias en COBERTURA % .....	39
Cuadro 5.1 Análisis de varianza y significancia en TEMPERATURA (°C).....	40
Cuadro 5.2 Resultados de la prueba de comparación de medias en TEMPERATURA (°C).....	42
Cuadro 5.3 Análisis de varianza y significancia en Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI).....	43
Cuadro 5.4 Resultados de la prueba de comparación de medias en Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI).....	45
Cuadro 5.5 Análisis de varianza y significancia de peso seco en tallos (PST).....	46
Cuadro 5. 6 Resultados de la prueba de comparación de medias de peso seco en tallos (PST).....	47
Cuadro 5.7 Análisis de varianza y significancia de peso seco en hojas (PSH).....	48
Cuadro 5. 8 Resultados de la prueba de comparación de medias de peso seco en hojas (PSH).....	49
Cuadro 5.9 Análisis de varianza y significancia de peso seco en espigas (PSE).....	50

Cuadro 5. 10 Resultados de la prueba de comparación de medias de peso seco en espigas (PSE).....51

Cuadro 6. 1 Resultados de Coeficiente de correlación y significancia de las variables registradas en la evaluación.....54

## RESUMEN

Las drásticas variaciones climáticas en invierno que presenta el norte del país, requiere de opciones forrajeras con alta calidad nutritiva, que proporcionen mayor rendimiento y que permitan mantener la producción. En total 30 genotipos, 27 trigos sin aristas, más dos testigos comerciales (Triticale Eronga 83, Avena Cuauhtémoc) y una variedad experimental de Cebada forrajera (Narro 95), se evaluaron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones durante el ciclo Otoño – Invierno 2015 - 2016 con objetivo de evaluar la producción de materia seca y sus fracciones (Tallo, Hoja y Espiga) y su asociación con el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI) y temperatura de planta de genotipos imberbes de trigo forrajero. El experimento se realizó en el campo experimental de la Universidad en Zaragoza, Coahuila.

Determinando la producción de forraje verde en toneladas (FVTON), peso seco en toneladas (PSTON), etapa fenológica, altura, cobertura, temperatura de planta, índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), peso seco en tallos (PST), peso seco en hojas (PSH) y peso seco en espigas (PSE) como variables, se determinó un análisis de varianza bajo un diseño de bloques completamente al azar, prueba de medias de scheffé y correlaciones entre variables mediante el programas SAS (Statistical Analysis System) y Excel.

Los resultados mostraron alta significancia entre los genotipos evaluados para las variables de: forraje verde en toneladas (FVTON), etapa, cobertura, índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), peso seco en hojas (PSH) y peso seco en espigas (PSE).

El índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), se correlacionó de forma positiva con el forraje verde en toneladas (FVTON), pero no con el forraje seco.

La temperatura de la planta y el forraje verde en toneladas (FVTON) mostraron también una relación negativa y la mayor etapa (precocidad) se relacionó con mayor altura y temperatura de planta, peso seco de tallos y peso seco de espigas, pero se asoció negativamente con la cobertura del terreno, el peso seco de hojas y el NDVI.

Se concluye que entre los genotipos evaluados existe una amplia diversidad genética para las variables evaluadas que permitió identificar genotipos superiores. Se corroboró la asociación negativa entre las variables evaluadas con infrarrojo. En la producción de forraje seco los genotipos NARRO 95, AN-229-09, AN-236-99 y AN-336-09 fueron los más sobresalientes y susceptibles de utilizarse en esquemas de producción forrajera. De los trigos evaluados, el genotipo AN-229-09, es un genotipo recomendado para la producción forrajera. Existen genotipos de trigo superiores a los testigos NARRO-95, Eronga 83 y Avena.

**Palabras clave:** Trigos imberbes, producción de materia seca, temperatura de planta, índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), fracciones de forraje.

## INTRODUCCIÓN

Las gramíneas forman sin lugar a dudas, unos de los grupos más importantes, desde el punto de vista económico, dentro de los cuáles se incluye la familia de los cereales que en general constituyen un conjunto de plantas de gran importancia en la dieta humana y animal, por lo que su consumo es a mayor escala. Además posee un alto valor alimenticio, ricos en proteínas, vitaminas, minerales y carbohidratos necesarios para la salud, crecimiento y productividad en los animales.

El trigo es uno de los cereales que se cultiva en todo el mundo tal vez por su amplia adaptabilidad bajo condiciones diversas y por su gran consumo en muchos países, es el cultivo más importante de las áreas templadas y a nivel mundial. Siendo un cultivo tolerante a bajas temperaturas durante su proceso de desarrollo vegetativo, su producción se concentra en ciertas regiones del país con climas templados y fríos (Roblero, 2014; Dendy, 2001). La tecnificación en la producción ha producido increíbles saltos a nivel mundial, pero también el ser humano ha producido adaptaciones en las plantas a través de las hibridaciones, las cuales han proporcionado a los vegetales mayores condiciones de adaptación y rendimiento debido a la demanda de mayor cantidad de alimento de la población mundial.

En México existen carencias de estudios e investigaciones para obtener pastos o forrajes de mayor calidad, así como opciones alimenticias para el ganado que permitan mayor calidad y cantidad de carne y leche en menor tiempo. Dentro de los factores ambientales que afectan la fisiología de los vegetales, la temperatura es uno de los más importantes. Por ello, desde hace mucho tiempo los investigadores han dedicado gran parte de su esfuerzo en estudiar y comprender los efectos positivos y negativos de la temperatura en los procesos vitales de las plantas (Hernández., 2002).

En México los cereales de invierno se usan como un recurso forrajero bastante valioso durante la época invernal, principalmente en las cuencas lecheras de nuestro país, esta época requiere de opciones forrajeras con calidad nutritiva que les permita mantener la producción. En el norte del país se presentan drásticas variaciones climáticas en invierno que causan estragos en la agricultura nacional (Zamora *et al.*, 2016). 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 pastoreos, verdeo, henificado, picado y ensilado (Hughes *et al.*, 1974; Flores *et al* 1984; Colín *et al.*, 2004).

Para el sostener e incrementar de producción de leche y carne se debe de tomar en cuenta componentes importantes como la relación de las fracciones, tallo, hoja, espiga y su rendimiento total, las causas negativas que se puede presentar con cada uno de los componentes.

La predicción del rendimiento de los cultivos anticipada a la cosecha ha sido un objetivo prioritario, tanto con el fin de aumentar el conocimiento de las relaciones clima/cultivo como para generar información que se pueda aprovechar oportunamente en la planificación y manejo de la producción agropecuaria. Por ende exige técnicas de estimación del rendimiento, con el desarrollo de tecnologías satelitales y la utilización de sensores remotos, que permiten ser incorporados en los modelos de simulación de los cultivos, para calibrar o ajustar sus parámetros durante el período de simulación que sistematice e integre una base de datos del Índice de Vegetación Diferencial Normalizado (NDVI) a fin de asegurar la condición simulada del crecimiento, desarrollo o rendimiento del cultivo (Doraiswamy *et al.*, 2003). Las tecnologías de infrarrojos se han vuelto una herramienta común en las labores de investigación y se han reportado que se asocian con la biomasa y producción de grano, por tales motivos se plantearon los siguientes:

## **Objetivos**

1. Evaluar la producción de materia seca y sus fracciones de 27 genotipos de trigo y 3 testigos comerciales
2. Relacionar las variables agronómicas y de producción con el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI) y temperatura de la planta.

## **Hipótesis**

1. Al menos uno de los genotipos evaluados y comparados con los testigos comerciales tendrá un comportamiento similar o superior en la producción forraje seco y sus componentes.
2. Los componentes del rendimiento de materia seca de los genotipos se relacionan con el NDVI y la temperatura de la planta.



## REVISIÓN DE LITERATURA

### **Generalidades de la especie evaluada.**

#### **Trigo (*Triticum aestivum* L.)**

Los cereales han sido considerados como la columna vertebral de la agricultura, el trigo se extiende ampliamente en muchas partes del mundo ocupando el primer lugar entre los cuatro cereales de mayor producción mundial (Martin, 1990) tal vez por ser una especie de un amplio rango de adaptación y por su gran consumo en muchos países.

Se estima que la producción mundial de cereales en 2017 ascenderá a 2 597 millones de toneladas, es decir, sólo un 0,3 % (o 9,0 millones de toneladas) por debajo del récord de 2016, casi todo el descenso de la producción mundial de cereales en comparación con el año pasado se debe a la caída prevista de la producción de trigo hasta 740 millones de toneladas, lo que representa una disminución del 2,7 % (o 20,3 millones de toneladas) con respecto a 2016, se prevé que la utilización de trigo ascenderá a 735 millones de toneladas en 2017/18, lo que representa un descenso marginal (del 0,4 %) con respecto a 2016/17, debido al aumento de cereales secundarios hasta una cifra récord de 1 356 millones de toneladas, esto es, un 1,3 % más que en 2016/17 (FAO., 2017).

Siendo la Unión Europea, China, India, Rusia y Estados Unidos los principales países productores con promedios de 144,658,000, 128,850,000, 87,000,000, 72,529,000, 62,859,000 millones de toneladas. (USDA, 2017).

La superficie cosechada de trigo en México durante el año agrícola 2013 fue de 634.4 miles de hectáreas, es decir, 9.6 por ciento más que el año agrícola previo. En 2013, la producción total de trigo fue de 3.35 millones de toneladas, 2.5 por ciento superior al año previo.

Entre los principales estados se destacan: Sonora, Guanajuato, Baja California, Zacatecas, Tlaxcala, Chihuahua y Michoacán, aportan aproximadamente el 80% de la superficie cosechada de dicho grano. Más aún, Sonora produce aproximadamente el 50% de la producción nacional de este grano. (SAGARPA, 2011).

La propiedad más importante del trigo es la capacidad de cocción de la harina debida a la elasticidad del gluten que contiene, es considerado un alimento para consumo humano, aunque gran parte se destina a la alimentación animal, así como a subproductos de la transformación industrial.  
<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>

### **Origen geográfico y citogenético**

El Origen del actual trigo cultivado se encuentra en la región asiática comprendida entre los ríos Tigris y Eúfrates, en la zona de Mesopotamia. Desde Oriente Medio el cultivo del trigo se difundió en todas las direcciones, las primeras formas de trigo recolectadas por el hombre datan desde hace más de doce mil años. Las más antiguas evidencias arqueológicas del cultivo de trigo vienen de Siria, Jordania, Turquía e Irak (Robles, 1990).

El origen citogenético del trigo, es de gran importancia, ya que constituye un ejemplo clásico de combinaciones naturales entre diferentes especies poliploides. De acuerdo con lo anterior las especies *Triticum* se pueden clasificar en diploides, tetraploides y hexaploides, con números cromosómicos de  $2n = 14$ ,  $28$ , y  $42$  respectivamente, indicando que las especies tetraploides se originaron a partir de la cruce interespecífica y duplicación espontánea de cromosomas de dos especies diploides: *Triticum monococcum*(AA) y *Aegilops speltoides* (BB); esta cruce dio origen a los Emmer tetraploides con la fórmula genómica AABB, el cual fue cultivado durante miles de años.

Esta especie en la actualidad incluye el cultivo de trigo duro. (*Triticum turgidum* L. 2n= 28). El trigo tetraploide posteriormente se cruzó con un zacate diploide (*Triticum tauschii*= Ae. Squarrossa) considerado como una maleza en muchas áreas trigueras, al igual que *T. cylindricum* encontrado en el oeste medio de los Estados Unidos, para dar origen al trigo harinero hexaploide (*T. aestivum* L.). Ramirez (2004). Él mismo menciona que el *Triticum aestivum* (hexaploide) es la especie más cultivada en el mundo en la actualidad. Su harina es la más apropiada para la elaboración de pan. El trigo harinero comprende varios de miles de variedades que son adaptadas a una gran amplitud de ambientes agroecológicos y cultivados mundialmente.

(<http://www.conacyt.mx/cibiogem/index.php/trigo>,  
<http://www.icarito.cl/2010/04/21-9036-9-el-trigo.shtml>)

#### **Clasificación taxonómica.**

<b>Reino</b>	<b><i>Plantae</i></b>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Liliopsida</i>
Orden:	<i>Poales</i>
Familia:	<i>Poaceae</i>
Subfamilia:	<i>Pooideae</i>
Tribu:	<i>Triticeae</i>
Género:	<i>Triticum</i> L.
Especie:	<i>aestivum</i>

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

El trigo se puede dividir en dos grandes grupos (por su fecha de siembra):

- ✓ Trigo de invierno: tradicionalmente se siembra en otoño y se recoge en primavera.
- ✓ 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.

Existe otra clasificación según la frecuencia con que se siembren los trigos:

- 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, los granos de almidón son duros y no se rompen durante el molido.
- Trigo compacto: es de calidad relativamente baja y es el que se utiliza para repostería, tiene pocas proteínas

### **Descripción botánica.**

El trigo pertenece a la familia de las gramíneas (Poaceae) el trigo harinero hexaploide llamado *T. aestivum* es el cereal panificable más cultivado en el mundo. (Ramírez, 2004).

**Raíz:** El sistema radicular es fasciculado y está en función de diferentes variables, como textura, época de siembra, cantidad de lluvia etc. El 50% de las raíces está comprendido entre 0 y 25cm de la profundidad y el resto llega a alcanzar un metro y en suelo suelto hasta 1.5 m (Guerrero, 1999).

**Tallos:** El tallo del trigo crece de acuerdo con las variedades, normalmente de 120 a 160 cm, para facilitar la cosecha mecánica (Robles, 1990). El tallo se alarga durante el encañado y lleva 7 u 8 hojas envainadoras a lo largo de la longitud de un entrenudo. En casi todas las variedades, el tallo, que es al principio macizo, se vuelve después hueco, salvo en los nudos, donde permanece macizo (Guerrero, 1999).

**Hojas:** En cada nudo nace una hoja, esta se compone de vaina y limbo, entre estas dos partes existe una parte que recibe el nombre de cuello, de cuyas partes laterales salen unas prolongaciones que se llama aurículas y entre la separación del limbo y el tallo o caña, existe una parte membranosa que recibe el nombre de lígula, son cintiformes, paralelinervias y terminan en punta teniendo una longitud que varía de 15 a 25 cm y de 0.5 a 1 cm de ancho. El número de hojas varia de 4 a 6, excepto los nudos que están debajo del suelo que en lugar de hoja produce brotes o macollos (Robles, 1990).

**Espiga:** La espiga de trigo está formada por espiguillas, dispuestas alternadamente en un eje central denominado raquis. Las espiguillas contienen de 2 a 5 flores que posteriormente formaran el grano que queda inserto entre la lemma (envoltura exterior del grano que en algunas variedades tiene una prolongación que constituye la barba o arista), y la palea o envoltura interior del grano.

La primera y segunda flor está cubierta exteriormente por las glumas. En algunas variedades de trigo la lemma queda casi toda cubierta por la gluma. Mientras, que en otras la gluma solo cubre dos terceras partes de la lemma.

**Inflorescencia:** Es una espiga compuesta de un tallo central de entrenudos cortos, llamado raquis, en cada uno de cuyos nudos se asienta una espiguilla, protegida por dos brácteas más o menos coriáceas o glumas, a ambos lados. Cada espiguilla presenta nueve flores, de las cuales aborta la mayor parte, quedando dos, tres, cuatro y a veces hasta seis flores.

**Flor:** Se compone de un estigma y alrededor nacen las anteras que tiene un filamento que se alarga conforme madura el estigma hasta que adquiere un aspecto plumoso que es cuando se encuentra receptivo. Cuando llega a este estado, las anteras están próximas a reventarse soltando el polen sobre el estigma.

**Fruto:** 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**

### **Fotoperiodo**

La luz además de su acción en la síntesis de alimentos (fotosíntesis) y de su efecto sobre el crecimiento direccional (fototropismo), tiene un importante papel en el desarrollo de muchas plantas que se comportan de manera distinta con respecto a su reacción a las horas-luz. Algunas especies florecen solamente cuando los días largos de muchas horas- luz, como en el trigo y otras cuando los días son cortos o de pocas horas-luz.

Por lo tanto la fotoperiodicidad se define como la respuesta de una planta a la longitud relativa de los periodos de luz y oscuridad. Las partes de la planta que reciben el estímulo fotoperiódico son las hojas y las yemas (Rojas y Ramírez, 1987; Devlin, 1982).

### **Temperatura.**

La temperatura mínima para el crecimiento del trigo es de 3°C y máxima de 30 a 33°C, siendo una temperatura óptima entre 10 y 25°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 1.850 °C y 2.375°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, requiere una humedad relativa entre 40 y 70%; desde el espigamiento hasta la cosecha es la época que tiene mayores requerimientos en este aspecto, ya que exige una humedad relativa entre el 50 y 60% y un clima seco para su maduración.

### **Suelo.**

El trigo requiere suelos profundos, sueltos, fértiles y libres de inundaciones 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 6 a 7.5, tolera bastante la acidez del suelo más no la salinidad.

([http://www.oni.escuelas.edu.ar/2006/BUENOS\\_AIRES/1153/trigo.htm](http://www.oni.escuelas.edu.ar/2006/BUENOS_AIRES/1153/trigo.htm))

## **Época de siembra**

La siembra se realiza a últimos de otoño (trigo de invierno), o en primavera (trigo de primavera). Los momentos de siembra y recolección del trigo en los diferentes países productores, dependen naturalmente de las condiciones climáticas particulares; en algunos países se cosecha trigo durante todos los meses del año (Scade, 1975; Howthorn, 1983).

## **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.

Zadoks *et al.* (1974) propusieron una escala decimal para medir todo el ciclo del cultivo, ampliando así los períodos a considerar.

## **Germinación**

La capacidad germinativa del trigo se mantiene durante un período de 4 a 10 años, aunque prácticamente la duración del período de utilización no debe excederse por dos años, ya que, a medida que pasa el tiempo, disminuye la capacidad germinativa. La humedad del trigo no debe sobrepasar el 11%. Una vez sembrado, a partir del momento en que se han desarrollado las jóvenes raíces primarias, la planta puede ya alimentarse por sí misma a expensas de las soluciones del suelo. El coleóptilo sirve de protección a la plúmula al tener que perforar ésta la capa superficial del suelo; en el momento que ha alcanzado la superficie, la primera hoja perfora el coleóptilo, que comienza a amarillear y a desecarse. La temperatura óptima de germinación es de 20-25 °C.



## **Ahijamiento**

Esto ocurre cuando va a aparecer la cuarta hoja y el nudo de ahijamiento se engruesa. Posteriormente, las raíces secundarias rompen la base del nudo de ahijamiento y éste se alarga. A medida que las raíces secundarias se desarrollan, dejan de crecer las primarias y toman una coloración parda. El poder de ahijamiento es un carácter varietal, pero, aparte de la variedad, depende de la importancia del abonado nitrogenado, de la fecha de siembra y de la temperatura, que condiciona la duración del período de ahijamiento.

## **Encañado**

Cuando se llega a la fase de encañado, un determinado número de tallos herbáceos se transforma en tallos rematados por espigas, mientras que otros se retrasan en su crecimiento, se detienen e incluso pueden llegar a retroceder en el mismo.

En el momento del encañado el crecimiento requiere unas necesidades elevadas de elementos fertilizantes y, particularmente, en nitrógeno, necesario para la formación de las nucleoproteínas de los núcleos de las células jóvenes. Por esta necesidad de elementos fertilizantes, y sobre todo de nitrógeno, se le denomina a éste, segundo período crítico, siendo el primero el de ahijamiento.

## **Espigado**

El crecimiento de las plantas en la fase de espigado es máximo. Se estima que las plantas elaboran las  $\frac{3}{4}$  partes de su materia seca total entre el ahijamiento y la floración.

## **Maduración**

El período de maduración es la última fase del período vegetativo y corresponde a la acumulación de almidón en el grano. Este almidón procede de la fotosíntesis que prosigue aún en las últimas hojas y en la espiga. Por otra parte se produce un movimiento de los glúcidos y de las proteínas hacia la espiga.

Si las temperaturas son muy elevadas y el viento fuerte y seco, la movilización de los últimos recursos de agua disponible para la emigración de glúcidos y prótidos se perjudica y ocurre el fenómeno del asurado, quedando los granos arrugados por no poder acumular el máximo de reservas. El peso del hl de grano suele variar entre 76 y 82 kg. En algún caso muy excepcional con 86 kg por hl.

(<http://melagro.blogspot.mx/2013/03/cultivo-del-trigo.html>)

## **Uso del trigo como forraje**

En México existe la necesidad de grano para la alimentación animal y humana invita a la búsqueda de nuevas áreas en las que especies mejor adaptadas sean capaces de producir algún alimento para la creciente población, Ramírez (1977) menciona el uso en la alimentación animal o uso forrajero, proporciona una gran cantidad de proteína y un mejor balance de aminoácidos; tanto de la semilla, y directamente de la planta como forraje verde o seco.

En México tradicionalmente los cereales de invierno se usan como recurso forrajero bastante valioso. Sin embargo, una de las necesidades principales es la selección y utilización de forrajes necesarios para la alimentación ganadera (Roblero., 2014).

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), se les ha clasificado como un recurso forrajero de buena calidad (Hart *et al.*, 1971; Juskiw *et al.*, 2000). En especial el trigo constituye una buena alternativa forrajera, por poseer un elevado contenido energético, alto contenido nutricional y con alta velocidad de degradación ruminal.

### **Componentes del rendimiento forrajero**

Guevara (1987), menciona que el rendimiento de una planta es afectado por todas las condiciones del medio ambiente que influyen durante su desarrollo, y por su capacidad genética, por lo tanto, dicha capacidad se puede manifestar mediante ciertas características morfológicas, tales como son: altura de planta, longitud y densidad de espiga, número de granos por espiga, capacidad de amacollamiento, etc.

Nass (1973), al determinar los componentes de rendimiento del trigo de primavera, concluye que el rendimiento por espiga y el número de espiguillas por planta, incrementan los rendimientos. Sin embargo, estos dos están relacionados negativamente, lo cual dificulta la selección de los materiales para estas características.

Es importante considerar componentes principales, hoja, tallo y espiga que conforman por lo general componentes de rendimiento y aporte nutricional forrajera.

El valor nutritivo depende básicamente de la relación tallo /hojas de la planta, ya que los tallos contienen más fibra que las hojas; en efecto, la digestibilidad de las hojas es 80-90%, mientras que la de los tallos es 50-70%, puesto que la relación tallos / hojas aumentan con la edad, la digestibilidad también se reduce con la madurez (Lara, 2012).

Respecto a las fracciones de forraje, los tallos (PSTALLO) aportan un 50.98% de la materia seca total, mientras que las hojas (PSHOJA) y espigas (PSESPIGA) contribuyeron con 36.11 y 12.91% respectivamente (Zamora *et al.*, 2016).

Rojas (1998), al evaluar el crecimiento del grano en líneas de trigo macarronero encontró que altura de planta no fue un factor limitante en el rendimiento; sin embargo la precocidad estuvo correlacionada con un más alto peso de grano.

### **Uso de sensores infrarrojos en la agricultura**

Un vehículo aéreo no tripulado —UAV, por las siglas en inglés de Unmanned Aerial Vehicle—, o sistema aéreo no tripulado —UAS de Unmanned Aerial System—, conocido en castellano por sus siglas como VANT y como drone. Están equipados con equipos de última generación como GPS, sensores infrarrojos, cámaras de alta resolución y controles de radares capaces de captar el espectro infrarrojo de las plantas que componen los cultivos que permite discriminar estados de la vegetación, para conocer, por ejemplo, el estado nutricional o la salud del cultivo. Mediante los datos obtenidos por los sensores, se elaboran mapas de reflectancia personalizados para cada cultivo y para cada variable de estudio.

Uno de los principales índices usados es el NDVI, que mide el grado de vigor de la planta o el rendimiento clorofílico y del cual pueden desprenderse multitud de conclusiones acerca de la salud de la misma. Una vez generado el mapa de reflectancia del índice NDVI, su análisis puede determinar zonas del cultivo que deben vigilarse con mayor atención permitiendo una toma de decisiones más precisa. (<https://www.dronebydrone.com/noticias/131/agricultura-de-precision-mediante-sensores-infrarrojos.html>).

## Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI)

El índice de vegetación diferencial normalizado o NDVI (Rouse *et al.*, 1974) es uno de los más empleados. Iglesias (2013), menciona que los valores del NDVI están en función de la energía absorbida o reflejada por las plantas en diversas partes del espectro electromagnético. La respuesta espectral que tiene la vegetación sana, muestra un claro contraste entre el espectro del visible, especialmente la banda roja (Red), y el Infrarrojo Cercano (NIR).

Mientras que en el visible, los pigmentos de la hoja absorben la mayor parte de la energía que reciben, en el NIR, las paredes de las células de las hojas, que se encuentran llenas de agua, reflejan la mayor cantidad de energía.

En contraste, cuando la vegetación sufre algún tipo de estrés, ya sea por presencia de plagas o por sequía, la cantidad de agua disminuye en las paredes celulares por lo que la reflectividad disminuye el valor de NIR y aumenta paralelamente en el rojo al tener menor absorción clorofílica. Esta diferencia en la respuesta espectral permite separar con relativa facilidad la vegetación sana de otras cubiertas, lo que se ve reflejado aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{IR}-\text{R})}{(\text{IR}+\text{R})}$$

Donde R e IR corresponden a la reflectancia en la porción roja e infrarroja del espectro, respectivamente.

Iglesias (2013), menciona que la sencillez de cálculo, y disponer de un rango de variación fijo (entre -1 y +1), son sin duda la razón de que este índice sea el más utilizado en teledetección. Diversos estudios y publicaciones señalan que valores mayores que 0.1 indican presencia de vegetación, y entre más alto sea el valor, las condiciones de vigor son mejores. Este índice presenta como inconveniente que posee poca capacidad de minimizar la influencia del suelo y de la atmósfera.

El NDVI permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie y caracterizar su distribución espacial así como la evolución de su estado. Este índice fue introducido con el objetivo de separar la vegetación del brillo que produce el suelo (Rouse *et al.*, 1974). Él mismo menciona que este índice se basa en el peculiar comportamiento radiométrico de la vegetación, relacionado con la actividad fotosintética y la estructura foliar de las plantas, permitiendo determinar la vigorosidad de la planta.

### **Temperatura de la planta**

La respuesta de las plantas ante el efecto de la temperatura ambiental es un proceso complejo que envuelve la interacción de muchos factores limitantes del crecimiento es por ello que es una de las variables más importantes que debe tomarse en cuenta durante el desarrollo de la planta (Murrieta., 2006), que puede causar efectos negativos o positivos sobre los cultivos, de acuerdo sus diferentes etapas fenológicas. Las plantas tienen un desarrollo óptimo cuando las variaciones térmicas y los valores extremos de temperaturas no ejercen ningún efecto negativo sobre sus funciones.

El efecto de la temperatura depende en que época de desarrollo de la planta actúa (Lookwood *et al.*, 2000). Las temperaturas tienen efecto sobre la velocidad de crecimiento, germinación, transpiración, respiración, fotosíntesis, y absorción de agua y nutrientes (Urbano, 1999; Villalobos *et al.*, 2002;<http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-5/ACCION-DE-LA-TEMPERATURA-SOBRE-LA-VEGETACION.pdf>).

La temperatura del dosel (follaje), que es un indicador de estrés hídrico en las plantas. Cuando las plantas no están bien hidratadas, cierran sus estomas para evitar pérdidas de agua por transpiración, por lo que la temperatura de la vegetación aumenta debido a que hay menos enfriamiento por evaporación.

En consecuencia, las diferencias de temperatura entre plantas con buen riego y plantas con estrés hídrico son la clave para detectar con precisión este problema en las primeras etapas de crecimiento (CIMMYT, 2013).

Murrieta (2006) reportó que la media obtenida de la variable temperatura fue de 28.4 °C, reportando diferencia significativa entre los genotipos, indicando que el genotipo 19, fue el más expuesto a las altas temperaturas, lo cual indica que fue el genotipo más susceptible a daños durante su desarrollo, ocurriendo lo contrario con los genotipos 2, 3, 4, 7, 8, 10, 11, 15, 16 y 20, los cuales se encontraron en menor rango de temperatura que el resto de los genotipos, él reportó que a medida que la temperatura disminuye el rendimiento aumenta, esto se debe a que la temperatura es un factor universal que afecta la duración de todas las etapas del cultivo desde la emergencia hasta la madurez fisiológica, limitando el rendimiento.

### **Relaciones de la temperatura y NDVI con la producción de biomasa**

La temperatura es un factor de mucha importancia que le permite crecimiento y desarrollo de la planta, cuando se presenta una buena temperatura, proporciona un alto índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), lo cual significa un buen porcentaje de rendimiento. En la etapa de llenado de grano las elevadas temperaturas pueden provocar variación en el número de espiguillas, lo cual puede verse reflejado en el rendimiento (Halse y Weir, 2005); aunque el trigo es vulnerable a la temperatura alta durante la mayoría de las etapas reproductivas (Gibson y Paulsen, 1999).

Shanahan *et al.* (2001), indican que la base para la relación del NDVI y la biomasa, se relaciona con la cantidad de radiación fotosintética activa absorbida. Muchos estudios en trigo han relacionado esto entre la biomasa total en la producción de la cosecha y de grano (Green, 1987; Rudorff and Batista, 1990; citados por Serrano *et al.*, 2000; [http://biblioteca.itson.mx/dac\\_new/tesis/147\\_illiana\\_murrieta.pdf](http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/147_illiana_murrieta.pdf)).

Verhulst *et al.* (2010) mencionan que el NDVI tiene que ser considerado como una medida del crecimiento integral de la planta, incluyendo factores que intervienen en dicho crecimiento. Es probable que las características físicas detectadas por medio del índice estén relacionadas con propiedades que determinan la densidad del follaje (por ejemplo, la superficie foliar o el porcentaje de cobertura) o con la biomasa total.



## **MATERIALES Y MÉTODOS**

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

El presente trabajo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola otoño-invierno (2015-2016) en el campo experimental “Zaragoza”, propiedad de la UAAAN, ubicado en el municipio Zaragoza, Coahuila; cuyas coordenadas geográficas y condiciones climáticas se citan a continuación.

Esta localidad se ubica geográficamente a 28° 33” de latitud norte y de 100° 55” de longitud oeste; con una altitud de 350 msnm, y una temperatura promedio anual de 20.6 °C y una precipitación pluvial media anual de 376.3 mm.([http://www.uaaan.mx/investigacion/comeaa/Campos\\_Experimentales\\_2011.pdf](http://www.uaaan.mx/investigacion/comeaa/Campos_Experimentales_2011.pdf))

### **Material genético**

El material genético utilizado para la presente investigación, consistió en total de 30 genotipos, 27 genotipos de trigos obtenidos del Programa de Cereales de la UAAAN, utilizando además dos testigos comerciales: Triticale cv. Eronga 83 y Avena cv. Cuauhtémoc y una variedad experimental de Cebada forrajera “Narro 95” (Cuadro 3.1)

**Cuadro 3.1.- Clave y nombre del material genético evaluado en la presente investigación**

<b>Numero</b>	<b>Genotipo</b>	<b>Numero</b>	<b>Genotipo</b>
1	AN-249-99	16	AN-220-09
2	AN-268-99	17	AN-221-09
3	AN-263-99	18	AN-222-09
4	AN-251-99	19	AN-225-09
5	AN-258-99	20	AN-226-09
6	AN-272-99	21	AN-227-09
7	AN-267-99	22	AN-228-09
8	AN-244-99	23	AN-229-09
9	AN-236-99	24	AN-230-09
10	AN-209-09	25	AN-264-09
11	AN-211-09	26	AN-326-09
12	AN-216-09	27	AN-336-09
13	AN-217-09	28	NARRO 95
14	AN-218-09	29	AVENA
15	AN-219-09	30	ERONGA 83

### **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 siembran bajo condiciones de riego, se realizaron labores tales como; barbecho, rastreo, nivelación y surcado.

La siembra se realizó de manera manual a “chorrillo” depositando las semillas en el fondo del surco (hilera).

### **Densidad de siembra.**

La densidad de siembra para esta localidad fue de 120 kg/ha.

**Fertilización.**

Se aplicó la dosis de 120-60-00 usando como fuente la urea y el MAP, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo a la siembra y el 50 restante de nitrógeno en el primer riego de auxilio.

**Fecha de siembra.**

La fecha de siembra para esta región fue la primer quincena de diciembre de 2015, sembrándose en seco y a chorrillo.

**Riego.**

En la presente investigación se aplicaron el riego de siembra y tres auxilios conforme el estatus del cultivo durante su desarrollo.

**Parcela experimental.**

La parcela experimental consistió en 6 surcos espaciados a 30 cm y una longitud de 3 metros con un área total de 5.4 m<sup>2</sup>.

**Control de malezas**

Las malezas se controlaron mediante la aplicación de 2,4 D-Amina en dosis de 1.5 litros por hectárea. Se complementó el control de malezas que aparecieron posteriormente de forma manual.

**Variables registrados****Forraje verde en toneladas (FVTON)**

Se cortó manualmente y con rozadera 0.5 m de un surco representativo de la parcela, registrándose en gramos el peso verde de la muestra y posteriormente se transformó a ton/ha.

### **Altura de planta**

La medición de esta variable se efectuó con la ayuda de un flexómetro a una medida en cm obteniéndolo desde la superficie del suelo a la parte superior de la planta (extremo distal de la espiga).

### **Cobertura**

Esta variable se estimó como un porcentaje del terreno cubierto por el material vegetal en crecimiento antes del muestreo de forraje realizándose de manera visual.

### **Etapas fenológicas**

Al momento de la cosecha, se registró la etapa fenológica en la que se encontraban los genotipos de acuerdo a la escala de Zadoks *et al.* (1974).

### **Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI)**

El Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), se midió con la ayuda de un equipo "Green Seeker". Este aparato cuenta con un sensor que emite luz (rojo) que le permite medir el reflejo de luz en el follaje. Esta medida es muy sensible a cambios en lo verde del follaje, es útil para medir el progreso del follaje. La medición se realizó, pasando el aparato a lo largo de la parcela a cierta altura de la planta.

### **Temperatura**

La temperatura entre genotipos se registró con un termómetro marca "Fluke", el cual trabaja a base de rayos infrarrojos, cuenta con un láser para indicar el punto exacto que se está midiendo, es sumamente confiable y tiene una exactitud de +/- 1 °. La medición se llevó a cabo una sola vez, en la cual las lecturas obtenidas se registraron en °C.

Después de la cosecha el material verde se depositó en el asoleadero del Programa de Cereales, donde se secó de forma natural, posteriormente cada muestra fue separada en sus diferentes fracciones (hoja, tallo y espiga). Una vez separados los componentes fueron pesados y transformados a t/ha. (Tallos en toneladas (TTON), Hojas en toneladas (HTON), Espigas en toneladas (ETON))

Mediante la suma de los tres componentes se obtuvo el forraje seco total en toneladas por hectárea (FSTON).

### **Diseño experimental.**

Los genotipos estudiados se evaluaron bajo un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones.

### **Análisis estadístico**

Para el análisis de los datos obtenidos se realizó el análisis de varianza para cada variable considerada en el experimento, utilizando el diseño de bloques completos al azar, el cual fue realizado mediante el paquete computacional de SAS; expresado con el siguiente modelo.

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde;

$\mu$  = La media general.

$\tau_i$  = El efecto del i-ésimo tratamiento.

$\beta_j$  = El efecto del j-ésimo bloque.

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto del error experimental.

Cuadro 3.2 Análisis de varianza utilizado con sus fuentes de variación, suma de cuadrados, cuadrados medios y F calculada.

Fuente de variación	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F. calculada
Bloques	(r-1)	$\sum_{j=1}^r \frac{Y_{.j}^2}{t} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{SC(\text{Bloques})}{GL(\text{Bloques})}$	$\frac{CM(\text{Bloq})}{CM(\text{Error})}$
Tratamiento	(t-1)	$\sum_{i=1}^t \frac{Y_{i.}^2}{r} - \frac{Y_{..}^2}{rt}$	$\frac{Sc(\text{Trat})}{GL(\text{Trat})}$	$\frac{CM(\text{Trat})}{CM(\text{Error})}$
Error Exp	(r-1) (t-1)	SCT-(SCB+SCTrat)	$\frac{SC(\text{Error})}{GL(\text{Error})}$	
Total	tr-1	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r Y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{rt}$		

### Comparación de medias.

Para la comparación de medias de las variables registradas en el experimento se utilizó la prueba de Scheffé , al 0.05 y 0.01 % de probabilidad respectivamente, mediante la siguiente formula.

$$\text{Schffé} = \sqrt{(K - 1) F_{1 - \alpha, k - 1, gl\ error} \frac{\sqrt{2CM\ error}}{n}}$$

Dónde;

K = Es el número de tratamientos.

$\alpha$  = El nivel de significancia.

CM<sub>error</sub> = Cuadrado medio del error estándar.

### Correlaciones

Se calcularon las correlaciones entre las variables evaluadas para conocer su asociación o relación con la formula siguiente.

$$r = \frac{\sum xy}{\sqrt{\sum X^2 \sum Y^2}}$$

Donde;

r = Coeficiente de Correlación

$\sum XY$  = Suma de productos de las desviaciones de las variables X e Y.

$\sum X^2$  = Suma de los cuadrados de las desviaciones de la variable X.

$\sum Y^2$  = Suma de los cuadrados de las desviaciones de la variable Y.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis de varianza para la variable forraje verde en toneladas (FVTON) se detectó en la fuente de variación repetición y tratamientos diferencias altamente significativas, de lo cual se infiere la existencia de suficiente variación genética para esta característica y un adecuado desempeño del diseño empleado (Cuadro 4.1).

**Cuadro 4.1 Análisis de varianza y significancia para forraje verde en toneladas (FVTON)**

FV	GL	SC	CM	FC
REP	2	830.818074	415.409037	6.91**
TRAT	29	4488.210370	154.765875	2.57**
ERROR	58	3486.642667	60.114529	
TOTAL	89	8805.671111		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

Al realizar la prueba de medias en la variable forraje verde en toneladas (FVTON), la prueba de Scheffé formó un solo grupo de significancia, reportando que todos los tratamientos tuvieron un comportamiento estadísticamente igual, entre los tratamientos se destacaron los genotipos: NARRO 95 y AVENA con medias de 70.978 y 60.200 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, ubicándose en los rendimientos más alto, mientras tanto los genotipos de menor rendimiento fueron los tratamientos AN-251-99 y AN-268-99 con medias de 36.822 y 36.978 t ha<sup>-1</sup>. En ocasiones, como ocurrió en esta variable, al aplicar una prueba estricta para comparar las medias sucede que aún y cuando el análisis de varianza detecta diferencias altamente significativas, la prueba de medias puede reportar que no existen diferencias entre las medias comparadas (Cuadro 4.2).



Calvo (2016), reportó que el genotipo más sobresaliente en producción de FV fue la Cebada NARRO 95 con una media de 65.371 t ha<sup>-1</sup>, coincidiendo con los resultados de esta investigación, en que NARRO 95 sigue siendo el genotipo más sobresaliente para la producción de forraje verde en toneladas, con rendimiento promedio superior a lo reportado por Calvo (2016), posiblemente debido condiciones ambientales diferentes entre los ensayos. De igual manera, él mismo menciona que el genotipo de menor rendimiento fue AN-266-99 con un promedio de 21.143 t ha<sup>-1</sup>, mientras en el presente trabajo el genotipo de menor rendimiento fue AN-251-99 con 36.822 t ha<sup>-1</sup>, siendo ambos trigos.

**Cuadro 4.2 Resultados de la prueba de comparación de medias en forraje verde en toneladas (FVTON).**

TRATAMIENTO	GENOTIPO	MEDIA	GRUPO
28	NARRO 95	70.978	A
29	AVENA	60.200	A
27	AN-336-09	58.133	A
12	AN-216-09	56.022	A
8	AN-244-99	55.889	A
11	AN-211-09	55.111	A
7	AN-267-99	54.600	A
23	AN-229-09	54.133	A
21	AN-227-09	52.089	A
14	AN-218-09	49.933	A
18	AN-222-09	49.933	A
20	AN-226-09	49.756	A
6	AN-272-99	49.044	A
10	AN-209-09	48.711	A
13	AN-217-09	48.222	A
22	AN-228-09	48.000	A
16	AN-220-09	47.622	A
19	AN-225-09	46.978	A
26	AN-326-09	46.867	A
3	AN-263-99	46.844	A
9	AN-236-99	46.200	A
17	AN-221-09	45.867	A
30	ERONGA 83	44.622	A
15	AN-219-09	44.044	A
5	AN-258-99	41.800	A
1	AN-249-99	41.511	A
25	AN-264-09	41.511	A
24	AN-230-09	40.911	A
2	AN-268-99	36.978	A
4	AN-251-99	36.822	A

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

El análisis de varianza para la variable forraje seco en toneladas (FSTON) en la fuente de variación repetición no manifestó valores de significancia, mientras la fuente de variación tratamientos reporto diferencias significativas, lo cual indica la existencia de variación genética para esta característica (Cuadro 4.3).

**Cuadro 4.3 Análisis de varianza y significancia en forraje seco en toneladas (FSTON)**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	7.1420247	3.5710123	1.42 NS
<b>TRAT</b>	<b>29</b>	154.8369878	5.3392065	2.12*
<b>ERROR</b>	<b>58</b>	146.0935310	2.5188540	
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	308.0725434		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

Para esta variable (FSTON), la prueba de Scheffé formó un solo grupo de significancia, entre los tratamientos se destacaron los genotipos: NARRO 95, AN-229-09 y AN-244-99 con medias de 14.578, 12.800 y 11.622 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, ubicándose en los rendimientos más altos, mientras los genotipos de menor rendimiento fueron los tratamientos: AN-251-99 y AN-249-99 con medias de 7.622 y 8.711 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente. En ocasiones, como ocurrió en esta variable, al aplicar una prueba estricta para comparar las medias puede reportar que no existen diferencias (Cuadro 4.4).

Lara (2012), reportó que los genotipos más sobresalientes en producción de materia seca total fueron AN-326-99, AN- 268-99 y Narro-95, con promedios de 15.600 t ha<sup>-1</sup> siendo estadísticamente iguales, similar a los resultados de esta investigación, debido a que los genotipos NARRO 95, AN-229-09 y AN-244-99 con medias de 14.578, 12.800 y 11.622 t ha<sup>-1</sup>, se ubicaron en los rendimientos más altos, la Cebada NARRO 95 sigue siendo el mejor genotipo para esta variable. Él mencionó que AVENA con 7.62 t ha<sup>-1</sup>, fue el genotipo menos productivo, mientras en el presente trabajo los genotipos de menor rendimiento fueron, AN-251-99 y AN-249-99 con 7.622 y 8.711 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Cuadro 4.4).

**Cuadro 4.4 Resultados de la prueba de comparación de medias en forraje seco en toneladas (FSTON).**

TRATAMIENTO	GENOTIPO	MEDIA	GRUPO
28	NARRO 95	14.578	A
23	AN-229-09	12.800	A
8	AN-244-99	11.622	A
11	AN-211-09	11.511	A
22	AN-228-09	11.444	A
3	AN-263-99	11.311	A
12	AN-216-09	11.289	A
27	AN-336-09	11.267	A
26	AN-326-09	11.200	A
7	AN-267-99	10.933	A
9	AN-236-99	10.867	A
21	AN-227-09	10.644	A
20	AN-226-09	10.533	A
6	AN-272-99	10.422	A
17	AN-221-09	10.378	A
16	AN-220-09	10.378	A
14	AN-218-09	10.333	A
18	AN-222-09	10.333	A
29	AVENA	10.022	A
13	AN-217-09	10.022	A
24	AN-230-09	10.022	A
10	AN-209-09	9.933	A
30	ERONGA-83	9.822	A
15	AN-219-09	9.622	A
19	AN-225-09	9.378	A
25	AN-264-09	8.867	A
2	AN-268-99	8.756	A
5	AN-258-99	8.733	A
1	AN-249-99	8.711	A
4	AN-251-99	7.622	A

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

Para la etapa fenológica (Etapa) se detectó en la fuente de variación repetición y tratamientos diferencias altamente significativas, lo cual nos indica la existencia de suficiente variabilidad para esta característica (Cuadro 4.5).

**Cuadro 4.5 Análisis de varianza y significancia en ETAPA.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	385.622222	192.811111	20.10**
<b>TRAT</b>	<b>29</b>	1533.155556	52.867433	5.51**
<b>ERROR</b>	<b>58</b>	556.377778	9.592720	
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	2475.155556		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

La prueba de medias para la variable ETAPA, formó tres grupos de significancia, en el primer grupo se destaca el genotipo: Cebada NARRO 95, con 77.000, que indica un estado lechoso tardío, siendo estadísticamente igual a 27 genotipos más, mientras que los genotipos de menor respuesta en la etapa fueron los tratamientos: AVENA y AN-336-09 con medias de 54.333 y 59.000 en estados de emisión de una cuarta parte y emisión completa de la espiga, que se ubicaron en el tercer grupo de significancia junto con 23 genotipos más.

Al comparar los datos reportados por Lara (2012), que observó que la cebada NARRO 95 obtuvo la etapa más alta con 74.333, mientras que la AVENA se ubicó en el penúltimo grupo de significancia con una media de 59.00, coincide con el presente trabajo al obtener resultados similares también coincide con lo reportado por Chávez (2009), Silveira (2008), Hernández (2012) y Roblero (2014), quienes mencionan que en siembras tempranas la cebada es una de las especies con mayor precocidad entre los materiales en producción logrando grandes volúmenes de forraje en cortos periodos pero con escasos rebrotes posteriores (Cuadro 4.6).

**Cuadro 4.6 Resultados de la prueba de comparación de medias en ETAPA.**

TRATAMIENTO	GENOTIPO	MEDIA %	GRUPO
28	NARRO 95	77.000	A
3	AN-263-99	72.000	AB
23	AN-229-09	72.000	AB
24	AN-230-09	72.000	AB
30	ERONGA 83	71.667	ABC
2	AN-268-99	71.333	ABC
22	AN-228-09	71.333	ABC
1	AN-249-99	70.667	ABC
26	AN-326-09	70.667	ABC
9	AN-236-99	70.333	ABC
6	AN-272-99	70.333	ABC
5	AN-258-99	70.000	ABC
25	AN-264-09	70.000	ABC
4	AN-251-99	70.000	ABC
8	AN-244-99	70.000	ABC
20	AN-226-09	70.000	ABC
16	AN-220-09	69.667	ABC
7	AN-267-99	67.333	ABC
15	AN-219-09	66.667	ABC
14	AN-218-09	66.667	ABC
18	AN-222-09	66.333	ABC
12	AN-216-09	66.333	ABC
13	AN-217-09	66.000	ABC
11	AN-211-09	66.000	ABC
21	AN-227-09	66.000	ABC
17	AN-221-09	66.000	ABC
10	AN-209-09	66.000	ABC
19	AN-225-09	65.667	ABC
27	AN-336-09	59.000	BC
29	AVENA	54.333	C

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

Para la variable Altura de planta en cm (Altura), no se detectó en la fuente de variación repetición valores de significancia, mientras la fuente de variación tratamientos presentó diferencias altamente significativas, lo cual indica la existencia de variación en la altura de los genotipos evaluados (Cuadro 4.7).

**Cuadro 4.7 Análisis de varianza y significancia en ALTURA (cm).**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	2.222222	1.111111	0.02 NS
<b>TRAT</b>	<b>29</b>	4115.555556	141.915709	2.67**
<b>ERROR</b>	<b>58</b>	3081.111111	53.122605	
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	7198.888889		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

En la variable Altura, la prueba de Scheffé formó un solo grupo de significancia, entre los tratamientos se destacaron los genotipos: AN-229-09, AN-228-09 y Triticale ERONGA 83 con medias de 131.667, 128.333 y 121.667 cm, respectivamente, ubicándose en los primeros lugares, aunque estadísticamente igual al resto. Los genotipos de menor altura fueron los tratamientos: AN-336-09 y AN-227-09 con una alturas de 101.667 cm y 103.333 cm, respectivamente. Como se ha mencionado, el uso de una prueba estricta enmascara las posibles diferencias (Cuadro 4.8).

Roblero (2014), menciona que los genotipos más sobresalientes fueron AN-230-09, AN-229-09, AN-228-09 y NARRO-95 con valores de 110.83, 108.33, 105.83 y 105.83 cm, presentando coincidencia en los resultados del presente trabajo, en el que genotipo AN-229-09 con promedios de 131.667 cm respectivamente, se comporta como el de mayor altura de planta.



En esta investigación los genotipos de menor altura de planta fueron: AN-336-09 y AN-227-09 con medias de 101.667 y 103.333 cm, respectivamente, lo cual no coincide con lo reportado por Roblero (2014) y Zamora *et al.* (2016) quienes reportaron que los genotipos de menor altura fueron AN-326-09, AVENA, AN-258-99 y AN-219-09 con alturas de 84.16, 85, 85.83 y 86.66 cm respectivamente.

Con base en lo anterior se infiere la presencia de interacción genotipo ambiente, sugiriéndose el realizar estudios tendientes a determinar la magnitud de la misma en los genotipos estudiados en el presente trabajo.

**Cuadro 4.8 Resultados de la prueba de comparación de medias en ALTURA (cm).**

<b>TRATAMIENTO</b>	<b>GENOTIPO</b>	<b>MEDIA</b>	<b>GRUPO</b>
23	AN-229-09	131.667	A
22	AN-228-09	128.333	A
30	ERONGA 83	121.667	A
28	NARRO 95	120.000	A
9	AN-236-99	111.667	A
7	AN-267-99	111.667	A
20	AN-226-09	111.667	A
29	AVENA	110.000	A
11	AN-211-09	110.000	A
18	AN-222-09	110.000	A
10	AN-209-09	110.000	A
6	AN-272-99	110.000	A
17	AN-221-09	108.333	A
19	AN-225-09	108.333	A
24	AN-230-09	108.333	A
5	AN-258-99	106.667	A
25	AN-264-09	106.667	A
8	AN-244-99	106.667	A
3	AN-263-99	106.667	A
2	AN-268-99	106.667	A
13	AN-217-09	106.667	A
26	AN-326-09	106.667	A
15	AN-219-09	106.667	A
14	AN-218-09	106.667	A
1	AN-249-99	105.000	A
4	AN-251-99	105.000	A
16	AN-220-09	105.000	A
12	AN-216-09	105.000	A
21	AN-227-09	103.333	A
27	AN-336-09	101.667	A

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

De acuerdo al análisis de varianza para la variable Cobertura, se presentó entre repeticiones y tratamientos diferencias altamente significativas, lo cual nos indica la existencia de variación para esta característica y la efectividad del bloqueo efectuado (Cuadro 4.9).

**Cuadro 4.9 Análisis de varianza y significancia en COBERTURA%.**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	1182.222222	591.111111	17.42**
<b>TRAT</b>	<b>29</b>	8038.888889	277.203065	8.17**
<b>ERROR</b>	<b>58</b>	1967.77778	33.92720	
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	11188.88889		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

En Cobertura la prueba de Scheffé formó dos grupos de significancia, en el primer grupo se ubicaron dos genotipos: AVENA y NARRO 95 con media de 88.333% en ambos tratamientos, ubicándose en los porcentajes más altos en cobertura, mientras tanto los genotipos de menor cobertura fueron los tratamientos: AN-230-09 y AN-249-99 integrando el último grupo junto con 26 genotipos más y presentando una media de 46.667% en ambos genotipos (Cuadro 4.10).

Roblero (2014) reportó que los genotipos de mayor cobertura fueron AN-222-09, AN-217-09, AN-272-99 y AN-229-09 con valores de 83.33, 81.16, 81.16 y 80 % respectivamente, obteniendo resultados que difieren de los encontrados en el presente trabajo. Por otra parte, Lara (2012) coincidió en reportar la cebada NARRO 95 como el mejor genotipo para esta variable.

**Cuadro 4.10 Resultados de la prueba de comparación de medias en COBERTURA%.**

TRATAMIENTO	GENOTIPO	MEDIA	GRUPO
29	AVENA	88.333	A
28	NARRO 95	88.333	A
10	AN-209-09	68.333	AB
13	AN-217-09	65.000	AB
21	AN-227-09	63.333	AB
12	AN-216-09	63.333	AB
11	AN-211-09	61.667	AB
22	AN-228-09	61.667	AB
7	AN-267-99	61.667	AB
27	AN-336-09	61.667	AB
14	AN-218-09	60.000	AB
6	AN-272-99	58.333	AB
17	AN-221-09	58.333	AB
19	AN-225-09	58.333	AB
5	AN-258-99	58.333	AB
8	AN-244-99	56.667	AB
16	AN-220-09	56.667	AB
15	AN-219-09	56.667	AB
18	AN-222-09	55.000	B
20	AN-226-09	55.000	B
25	AN-264-09	55.000	B
23	AN-229-09	55.000	B
4	AN-251-99	53.333	B
30	ERONGA 83	51.667	B
3	AN-263-99	51.667	B
2	AN-268-99	50.000	B
9	AN-236-99	50.000	B
26	AN-326-09	50.000	B
1	AN-249-99	46.667	B
24	AN-230-09	46.667	B

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

Para la variable Temperatura no se detectaron diferencias entre los genotipos y solo se mostraron diferencias en la temperatura registrada entre las repeticiones (Cuadro 5.1).

**Cuadro 5.1 Análisis de varianza y significancia en TEMPERATURA (°C).**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	3.17155556	1.58577778	17.09**
<b>TRAT</b>	<b>29</b>	2.39288889	0.08251341	0.89 N/S
<b>ERROR</b>	<b>58</b>	5.38177778	0.09278927	
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	10.94622222		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

La prueba de medias para Temperatura (°C), formó un solo grupo de significancia, destacándose los genotipos: AN-230-09 y AN-220-09 con medias de 23.4°C y 23.3°C , respectivamente, ubicándose entre los genotipos de temperaturas más altas, mientras los genotipos de menor temperatura fueron los tratamientos: AVENA y AN-209-09 con temperaturas medias de 22 °C y 22.7°C. en esta variable se confirma que en ocasiones al aplicar una prueba estricta para comparar las medias después del análisis de varianza, ambos puede reportar que no existen diferencias entre los tratamientos evaluados (Cuadro 5.2).

La respuesta de las plantas ante el efecto de la temperatura ambiental es un proceso complejo que envuelve la interacción de muchos factores limitantes del crecimiento. Esta respuesta se complica debido al reconocido efecto diferencial que ejercen las fluctuaciones diarias de temperatura en el campo sobre el crecimiento de las plantas (Yin y Kropff, 1996).

En este estudio algunos genotipos se encontraban en floración completa y otros en madurez acuosa, lo que pueden influir en el enfriamiento por evaporación ya que éste se puede afectar por la precocidad, a comparación de los genotipos AVENA y AN-209-09 que presentaban mayor enfriamiento debido a su etapa de emergencia de una cuarta parte de la espiga y mitad de la floración (Cuadro 5.2), sin embargo el uso de una prueba estricta como la de Scheffé no permite la separación en grupos de significancia más homogéneos.

**Cuadro 5.2 Resultados de la prueba de comparación de medias en TEMPERATURA (°C).**

TRATAMIENTO	GENOTIPO	MEDIA	GRUPO
24	AN-230-09	23.4333	A
16	AN-220-09	23.3333	A
3	AN-263-99	23.1333	A
2	AN-268-99	23.1333	A
4	AN-251-99	23.1333	A
20	AN-226-09	23.1333	A
25	AN-264-09	23.0667	A
7	AN-267-99	23.0333	A
5	AN-258-99	23.0333	A
23	AN-229-09	23.0333	A
19	AN-225-09	23.0000	A
26	AN-326-09	23.0000	A
15	AN-219-09	23.0000	A
28	NARRO 95	23.0000	A
18	AN-222-09	22.9667	A
11	AN-211-09	22.9333	A
22	AN-228-09	22.9333	A
30	ERONGA 83	22.9333	A
17	AN-221-09	22.9333	A
12	AN-216-09	22.9333	A
1	AN-249-99	22.9000	A
27	AN-336-09	22.9000	A
6	AN-272-99	22.8667	A
13	AN-217-09	22.8667	A
8	AN-244-99	22.8667	A
21	AN-227-09	22.8333	A
14	AN-218-09	22.8333	A
9	AN-236-99	22.7667	A
10	AN-209-09	22.7333	A
29	AVENA	22.6000	A

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

El análisis de varianza para el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI) mostró para repeticiones y tratamientos diferencias altamente significativas, lo cual nos indica la existencia de alta variación genética para la coloración y características ligadas a ella (Cuadro 5.3).

**Cuadro 5.3 Análisis de varianza y significancia en Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI).**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	0.14244222	0.07122111	42.84**
<b>TRAT</b>	<b>29</b>	0.21513889	0.00741858	4.46**
<b>ERROR</b>	<b>58</b>	0.09642444	0.00166249	
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	0.45400556		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

La prueba de medias de Scheffé formó dos grupos de significancia, en el primer grupo destacando el genotipo AVENA con un NDVI de 0.82 ubicándose con el índice más alto, aunque estadísticamente igual a 28 genotipos más, mientras los genotipos AN-326-09 y AN-230-09 mostraron valores de 0.61 y 0.56, respectivamente (Cuadro 5.4).

El índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), nos indica el estado de la planta. Esta medida es útil para medir el progreso del follaje, además de ser una herramienta no destructiva, ayudando a determinar el rendimiento (Aparicio *et al.*, 2000).

Murrieta (2006) reportó el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI) en etapa vegetativa y llenado de grano en cruza de plantas de trigo bajo condiciones de sequía. En etapa de llenado de grano obtuvo como mejor promedio el genotipo 18, mientras que el genotipo 5 fue el de promedio más bajo de NDVI, pero estadísticamente igual al resto de los genotipos.



En la etapa vegetativa se mantuvo una media de NDVI de 0.4848, esto debido a que la planta estaba en su etapa de crecimiento, mientras que en llenado de grano alcanzó una media de 0.5653, indicando que en promedio la planta mantuvo un buen follaje, ya que al iniciar la etapa de llenado de grano alcanzó 0.88, el cual a medida que finalizaba la etapa fue disminuyendo, esto debido a que el rango de senescencia es sinónimo de pérdida de color verde de la planta, la cual es relacionada con su madurez (Adamsen *et al.*, 1999).

En el presente trabajo el genotipo más sobresaliente fue la avena con un promedio de 0.82, estadísticamente similar al reportado por Murrieta (2006) en llenado de grano, en este trabajo, Avena estaba en emisión de espigas en comparación con algunos genotipos de trigo como AN-326-09 y AN-230-09 que presentaron estado lechoso y madurez acuosa.

**Cuadro 5.4 Resultados de la prueba de comparación de medias en Índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI).**

TRATAMIENTO	GENOTIPO	MEDIA	GRUPO
29	AVENA	0.82000	A
12	AN-216-09	0.75333	AB
11	AN-211-09	0.74667	AB
10	AN-209-09	0.73667	AB
27	AN-336-09	0.73000	AB
28	NARRO 95	0.72333	AB
21	AN-227-09	0.72000	AB
6	AN-272-99	0.71667	AB
13	AN-217-09	0.71667	AB
18	AN-222-09	0.70333	AB
7	AN-267-99	0.69333	AB
14	AN-218-09	0.68667	AB
25	AN-264-09	0.68333	AB
19	AN-225-09	0.68000	AB
16	AN-220-09	0.67667	AB
4	AN-251-99	0.67000	AB
5	AN-258-99	0.67000	AB
23	AN-229-09	0.67000	AB
1	AN-249-99	0.67000	AB
20	AN-226-09	0.66667	AB
17	AN-221-09	0.66333	AB
8	AN-244-99	0.66333	AB
15	AN-219-09	0.65667	AB
9	AN-236-99	0.65667	AB
30	ERONGA 83	0.64333	AB
2	AN-268-99	0.64000	AB
22	AN-228-09	0.63333	AB
3	AN-263-99	0.62333	AB
26	AN-326-09	0.61000	AB
24	AN-230-09	0.56000	B

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

Para peso seco de tallos (PST), no se encontró diferencias entre repeticiones, mientras que entre tratamientos reportó diferencias altamente significativas (Cuadro 5.5).

**Cuadro 5.5 Análisis de varianza y significancia de peso seco en tallos (PST).**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	1.83476543	0.91738272	1.14 NS
<b>TRAT</b>	<b>29</b>	54.82809876	1.89062410	2.35**
<b>ERROR</b>	<b>58</b>	46.7133827	0.8054032	
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	103.3762469		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

La prueba de medias para PST, formó un solo grupo de significancia, destacándose los genotipos AN-229-09 y AN-228-09 con una media de 7.0667 y 6.8889 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, ubicándose con los rendimientos más altos, mientras que AVENA y AN-251-99 con 3.3111 y 3.9556 t ha<sup>-1</sup>, fueron los más bajos; de nuevo se confirma que el uso de una prueba de medias estricta como los es la de Scheffé no permite separar adecuadamente a los tratamientos, pues diferencias de alrededor de tres toneladas por hectárea son declaradas estadísticamente iguales.

Lara (2014) menciona que los genotipos de mayor rendimiento para esta variable fueron AN-217-09, AN- 230-09, AN-229-09 y AN-227-09 coincidiendo con los resultados de este trabajo en que el genotipo AN-229-09 presenta un adecuado rendimiento de tallos (Cuadro 5.6).

**Cuadro 5. 6 Resultados de la prueba de comparación de medias de peso seco en tallos (PST).**

TRATAMIENTO	GENOTIPO	MEDIA	GRUPO
23	AN-229-09	7.0667	A
22	AN-228-09	6.8889	A
28	NARRO 95	6.5778	A
9	AN-236-99	6.3111	A
3	AN-263-99	6.2000	A
26	AN-326-09	6.0889	A
8	AN-244-99	6.0000	A
11	AN-211-09	5.7778	A
12	AN-216-09	5.7111	A
6	AN-272-99	5.6667	A
20	AN-226-09	5.6667	A
21	AN-227-09	5.6444	A
7	AN-267-99	5.5778	A
18	AN-222-09	5.5333	A
17	AN-221-09	5.5111	A
27	AN-336-09	5.5111	A
16	AN-220-09	5.3778	A
14	AN-218-09	5.3333	A
30	ERONGA 83	5.3333	A
13	AN-217-09	5.3111	A
24	AN-230-09	5.3111	A
15	AN-219-09	5.2000	A
19	AN-225-09	4.8889	A
10	AN-209-09	4.8667	A
2	AN-268-99	4.7778	A
25	AN-264-09	4.6889	A
5	AN-258-99	4.6889	A
1	AN-249-99	4.5778	A
4	AN-251-99	3.9556	A
29	AVENA	3.3111	A

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

Al analizar el peso seco en hojas (PSH), se detectaron diferencias altamente significativas entre repeticiones y tratamientos, lo cual indica la eficiencia del bloqueo realizado y la existencia de variación en esta característica entre los genotipos (Cuadro 5.7).

**Cuadro 5.7 Análisis de varianza y significancia de peso seco en hojas (PSH).**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	3.75674074	1.87837037	5.02**
<b>TRAT</b>	<b>29</b>	39.17807407	1.35096807	3.61**
<b>ERROR</b>	<b>58</b>	21.71585185	0.37441124	
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	64.65066667		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

Al realizar la comparación de medias, la prueba de Scheffé formó un solo grupo de significancia, destacando los genotipos: AVENA y NARRO 95 con medias de 4.8000 y 4.6667 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, mientras que ERONGA 83 y AN-249-99 con 2.3556 y 2.4667 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, se ubicaron en las últimas posiciones.

Roblero (2014) reportó que los genotipos más sobresalientes fueron: AVENA, AN-217-09 y AN-225-09, coincidiendo con los resultados del presente trabajo donde el genotipo AVENA con 4.8000 t ha<sup>-1</sup>, fué el genotipo más sobresaliente para producción de materia seca de hojas. Se coincidió también en calificar el genotipo ERONGA 83 como el menos productivo en esta fracción (Cuadro 5.8).

**Cuadro 5. 8 Resultados de la prueba de comparación de medias de peso seco de hojas (PSH).**

TRATAMIENTO	GENOTIPO	MEDIA	GRUPO
29	AVENA	4.8000	A
28	NARRO 95	4.6667	A
27	AN-336-09	4.5111	A
11	AN-211-09	4.4000	A
7	AN-267-99	4.1111	A
8	AN-244-99	4.0889	A
10	AN-209-09	4.0667	A
12	AN-216-09	4.0667	A
21	AN-227-09	3.8222	A
14	AN-218-09	3.6889	A
23	AN-229-09	3.6667	A
16	AN-220-09	3.6222	A
17	AN-221-09	3.6222	A
20	AN-226-09	3.5556	A
19	AN-225-09	3.4444	A
18	AN-222-09	3.4444	A
13	AN-217-09	3.4444	A
26	AN-326-09	3.3778	A
3	AN-263-99	3.3333	A
9	AN-236-99	3.2444	A
24	AN-230-09	3.2000	A
22	AN-228-09	3.1333	A
6	AN-272-99	2.9556	A
25	AN-264-09	2.9111	A
4	AN-251-99	2.6889	A
15	AN-219-09	2.6444	A
5	AN-258-99	2.5778	A
2	AN-268-99	2.4889	A
1	AN-249-99	2.4667	A
30	ERONGA 83	2.3556	A

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

En peso seco en espigas (PSE) al igual que en peso seco de hojas, se detectaron también diferencias altamente significativas entre repeticiones y tratamientos, lo cual indica la existencia de variación genética para estas características y en particular las diferencias existentes al momento del muestreo en la formación de espiga y/o llenado de grano (Cuadro 5.9).

**Cuadro 5.9 Análisis de varianza y significancia de peso seco en espigas (PSE).**

<b>FV</b>	<b>GL</b>	<b>SC</b>	<b>CM</b>	<b>FC</b>
<b>REP</b>	<b>2</b>	0.43466667	0.21733333	2.88**
<b>TRAT</b>	<b>29</b>	21.02044445	0.72484291	9.59**
<b>ERROR</b>	<b>58</b>	4.38311111	0.07557088	
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	25.83822223		

\*\* Significativo al 0.01 de probabilidad; FV= Fuente de variación; GL = Grados de libertad.

En peso seco en espigas (PSE), la prueba de Scheffé, formó tres grupos de significancia, en el primer grupo se destacó el genotipo: NARRO 95, con media de 3.5111 t ha<sup>-1</sup> ubicándose con el rendimiento más alto, mientras que AN-336-09 y AVENA con 0.6667 y 1.2667 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, se comportaron como los de menor rendimiento de espiga.

Roblero (2014), reportó que los genotipos que se ubicaron en el primer grupo fueron: AN-268-99, AN- 263-99, ERONGA y AN-272-99, no coincidiendo con los resultados del presente trabajo. Sin embargo se coincide en calificar a la Avena como el que menor peso seco de espigas presentó, aunque él reportó mayor promedio que el obtenido por este genotipo en el presente estudio (Cuadro 5.10).

**Cuadro 5.10 Resultados de la prueba de comparación de medias de peso seco en espigas (PSE).**

TRATAMIENTO	GENOTIPO	MEDIA	GRUPO
28	NARRO 95	3.5111	A
23	AN-229-09	2.5111	AB
30	ERONGA 83	2.3778	AB
26	AN-326-09	2.2444	AB
3	AN-263-99	2.2222	ABC
9	AN-236-99	2.2000	ABC
6	AN-272-99	2.1111	ABC
22	AN-228-09	1.9111	BC
1	AN-249-99	1.8889	BC
24	AN-230-09	1.8667	BC
14	AN-218-09	1.8222	BC
8	AN-244-99	1.8222	BC
20	AN-226-09	1.8000	BC
12	AN-216-09	1.8000	BC
2	AN-268-99	1.7778	BC
18	AN-222-09	1.7556	BC
5	AN-258-99	1.7111	BC
15	AN-219-09	1.6889	BC
11	AN-211-09	1.6667	BC
16	AN-220-09	1.6667	BC
17	AN-221-09	1.6444	BC
25	AN-264-09	1.6444	BC
21	AN-227-09	1.5778	BC
13	AN-217-09	1.5111	BC
7	AN-269-99	1.4889	BC
19	AN-225-09	1.3556	BC
10	AN-209-09	1.3333	BC
4	AN-251-99	1.2889	BC
27	AN-336-09	1.2667	BC
29	AVENA	0.6667	C

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



## **Correlación entre variables**

Con los promedios obtenidos a través de las repeticiones en el experimento realizado, se determinaron los coeficientes de correlación para cada par de variables (Cuadro 6.1), así se obtuvieron correlaciones positivas y negativas, tanto significativas como altamente significativas, resaltando enseguida algunas de las más interesantes.

El forraje verde en toneladas (FVTON) se correlacionó de forma positiva con la cobertura, el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), el peso seco de tallos (PST) y el forraje seco en toneladas (FSTON), sugiriendo que entre mayor cobertura se tenga, se obtendrá un mayor índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI), así como mayor peso seco en tallos (PST) y forraje seco en toneladas (FSTON).

La relación entre el NDVI y el rendimiento de biomasa ha sido reportado por Lucas (2007) y Fortes (2003), quienes mencionaron que el NDVI es un método sensible que normaliza los efectos de la topografía y puede ser utilizado para diagnosticar parámetros biofísicos con un alto grado de correlación y confiabilidad como indicador del área foliar, biomasa, cobertura vegetal del suelo, actividad fotosintética, productividad y modelo de la fenología.

Igualmente, Ji-hua y Bingfang (2008), Machado (2007), Frasson (2007), Krishna Rao (2002) y Simoes Dos Santos (2005), concluyeron que es una medida cuantitativa del vigor (variación de biomasa) del cultivo, lo cual denota la estimación de la biomasa total y el estatus de salud de la plantación y se relaciona directamente al rendimiento de campo. Diversos estudios y publicaciones señalan que los valores por encima de 0.1 indican presencia de vegetación y cuanto más alto sea el valor de este índice, las condiciones de vigor son mejores (Dias 2015).

La temperatura de la planta y el forraje verde en toneladas (FVTON) mostraron una relación negativa, lo que indica que a mayor temperatura de la planta el rendimiento en forraje verde en toneladas tiende a decrecer, posiblemente debido a que la planta tiende a acelerar su etapa fenológica, como se ha sugerido por estudios al respecto y en particular se ha reportado que en la etapa de llenado de grano las elevadas temperaturas pueden provocar variación en el número de espiguillas, lo cual puede verse reflejado en el rendimiento (Halse y Weir, 2005); aunque el trigo es vulnerable a la temperatura alta durante la mayoría de las etapas reproductivas (Gibson y Paulsen, 1999).

Entre las variables peso seco en tallos (PST), peso seco en hojas (PSH), peso seco en espigas (PSE) y forraje seco en toneladas (FSTON), altura de planta, cobertura y forraje verde se detectaron correlaciones positivas sugiriendo que entre mayores sean las fracciones de forraje (peso seco de tallos, peso seco de hojas y peso seco de espigas) el forraje seco en toneladas tiende a aumentar, relacionándolo también con mayor altura de planta, mayor cobertura del terreno y obviamente mayor cantidad de forraje verde producido.

Entre las variables temperatura, etapa fenológica, índice de vegetación diferencial normalizada (NDVI) y peso seco en hojas (PSH) se reportaron relaciones negativas; interpretándose que los mayores valores de NDVI se obtienen en etapas tempranas con mayor turgencia de la hoja que mantiene fresca a la planta y que conforme se avanza en etapa se incrementa la temperatura de la planta y el índice de vegetación diferencial normalizado (NDVI) y peso seco en hojas (PSH), tiende a disminuir.

En este estudio, la mayor etapa (precocidad) se relacionó con mayor altura y temperatura de planta, peso seco de tallos y peso seco de espigas, pero se asoció negativamente con la cobertura del terreno, el peso seco de hojas y el NDVI; la relación negativa del NDVI con la etapa se ha reportado en otros trabajos y se interpreta como la pérdida de color verde a medida que la planta madura, obviamente también disminuye el NDVI si se tiene más terreno desnudo o menos cubierto por las hojas de los genotipos.

Al respecto de las correlaciones entre componentes de rendimiento forrajero, Roblero (2014) menciona que las correlación fenotípicas positivas y altamente significativas se presentaron en las variables de peso con tallo, de la misma manera entre peso con espiga, altura con tallo, tallo con cobertura, altura con cobertura mostrando las mismas magnitudes y niveles de significancia lo que indica que entre mayor proporción de tallo, altura y espiga presente será mayor el peso y su rendimiento, de la misma manera entre mayor cantidad y altura de tallo mayor cobertura obtiene la planta.

**Cuadro 6. 1 Resultados de Coeficiente de correlación y significancia de las variables registradas en la evaluación.**

	FVTON	ETAPA	ALTURA	COB	TEMP	NDVI	PST	PSH	PSE
FVTON									
ETAPA	-.24								
ALTURA	.25	.38*							
COB	.77**	-.39*	.15						
TEMP	-.39*	.53**	-.04	-.49**					
NDVI	.61**	-.66**	-.12	.76**	-.65**				
PST	.47**	.43*	.57**	.00	.05	-.22			
PSH	.86**	-.56**	.00	.78**	-.39*	.68**	.15		
PSE	.27	.79**	.52**	-.01	.20	-.33	.68**	-.16	
FSTON	.82**	.20	.49**	.43*	-.11	.14	.86**	.58**	.63**

\* , \*\* = Correlaciones significativas al 0.05 y 0.01 de probabilidad, respectivamente.

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos de la presente investigación, se pueden formular las siguientes conclusiones.

- ✓ Entre los genotipos evaluados existe una amplia diversidad genética, lo cual quedó de manifiesto en las variables evaluadas, y permitió identificar genotipos superiores.
- ✓ Entre las variables evaluadas con infrarrojo (temperatura e índice de vegetación diferencial normalizado) se corroboró la asociación negativa.
- ✓ El NDVI se asoció con la cobertura, siendo esta última variable de fácil registro.
- ✓ La temperatura de planta se asoció positivamente con la etapa fenológica de la planta sugiriendo la necesidad de más estudios en etapas más tempranas para valorar su efectividad en la caracterización de genotipos.
- ✓ En la producción de forraje seco los genotipos NARRO 95, AN-229-09, AN-236-99 y AN-336-09 pueden catalogarse como los más sobresalientes y susceptibles de utilizarse en esquemas de producción forrajera.
- ✓ De los trigos evaluados, el genotipo AN-229-09 por su comportamiento en las variables: forraje seco en toneladas (FSTON), etapa, altura, tallo en toneladas (TTON) y espigas en toneladas (ETON), es un genotipo recomendado para la producción forrajera.
- ✓ Existen genotipos de trigo superiores a los testigos, NARRO-95, ERONGA 83 y AVENA.

## LITERATURA CITADA

- Aparicio, N.; Dolors, V.; Jaume, C.; José, L. A.; and Conxita, R. 2000. Spectral vegetation indices as nondestructive tools for determining durum wheat yield. *Agron. J.* 92:83-91.
- Casa, A.; Ovando, G. 2007. Integración del Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizado (NDVI) y del Ciclo Fenológico de Maíz para Estimar el Rendimiento a Escala. Resultado de investigación. Departamental en Córdoba, Argentina. Pp. 12. [www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0365-28072007000400004](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0365-28072007000400004).
- Calvo, V.D. 2016. Selección de nuevas líneas de cebada Imberbe por su comportamiento forrajero a partir de las fracciones: Tallos, Hojas, Espigas y Rendimiento de grano. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp. 39-43.
- 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>. (Consultado 15 de abril de 2017).
- Colin, 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. 93-101 pp.

- Chávez, R.J.M. 2009. Efecto 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.
- 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.
- CIMMYT.2013. Toma de imágenes aéreas con nueva plataforma de teledetección. Informa.No.1832:[http://quantalab.ias.csic.es/pdf/130222\\_s-Inforna1832.pdf](http://quantalab.ias.csic.es/pdf/130222_s-Inforna1832.pdf). (Consultado 15 de abril de 2017).
- Dávila, A.P., J.S.Ken.1996.La importancia de las gramíneas como forraje en México. *Ejournal. Revista ciencias* 44:Pp.1-3
- Doraiswamy, P.C., S. Moulin, P.W. Cook, and A. Stern. 2003. Crop yield assessment from remote sensing. *Photogramm. Eng. RemoteSens.* 69(6):665-674.
- Dendy, D.A. 2001. Composite and alternative flours. In *Cereal Products*. Eds. Dendy D.A. & Dobraszczyk B.J. Aspen Publisher Inc. Pp. 263-275.
- Devlin, M.R. 1982. *Fisiología Vegetal*. Editorial Omega, México, D.F. 353-362-451.
- Díaz, G.C. J. J.; 2015. Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión. Trabajo fin de master.Pp 44.

- Dronebydrone. 2016. Agricultura de precisión mediante sensores infrarrojos. <http://www.dronebydrone.com/noticias/131/agricultura-de-precision-mediante-sensores-infrarrojos.html>. (Consultado 19 de junio de 2017).
- Elika. 2016. Drones y su uso en la agricultura (Vehículos aéreos no tripulados). <http://www.elika.eus/datos/articulos/Archivo1388/Berezi%2035%20drones%20y%20sus%20usos%20en%20agricultura.pdf>. (Consultado 19 de junio de 2017).
- FAO. 2017. Situación Alimentaria Mundial: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/foodpricesindex/es/>. (consultado 15 de abril de 2017).
- Frasson, R. F. 2007. Comportamento temporal do NDVI mensurado com sensor óptico ativo para diferentes variedades de cana de acucar. BioEng. Campinas 1(3):237-244.
- Fortes, C. 2003. Discriminação varietal e estimativa de produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar pelo sensor orbital ETM+/Landsat 7. <http://biblioteca.universia.net/ficha.do?id=28179> (Consultado el 11 de octubre de 2009).
- 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.
- Iglesias, D.R.M. 2013. Estimación de evapotranspiración real en trigo con distintas condiciones de estrés hídrico: aplicación de modelos y sensores remotos. Tesis de Maestría. Facultad de Matemática, Astronomía y Física y el Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich. Universidad Nacional de Córdoba.

- Guerrero. G. A.1999. Cultivos herbáceos extensivos. 6a Edicion. Ed. Mundiprensa. México.
- Guevara, L.E. 1987. Componentes de la variabilidad, correlaciones fenotípicas genotípicas y heredabilidades en trigo (*Triticum aestivum* L) Tesis Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Gibson, L.R. and G.M. Paulsen. 1999. Yield components of wheat grown under high temperature stress during reproductive growth. *Crop. Sci.*, 39:1841-1846.
- Halse, N.J. and R.N. Weir. 2005. Effects of temperature on spikelet number of wheat. *Australian Journal of Agricultural Research*. 25(5) 687-695.
- Hart, H. R.; Carlson, G. E. and McCloud, D. E. 1971. Cumulative effects cutting management of forage yields and tiller densities of tall fescue and orchard grass. *Agron. J.* 63(4):895-898.
- Howthorn. 1983. "Fundamentos de la Ciencia de los Alimentos" Editorial Acribia. Zaragoza España.
- Hernández, D.J. 2002. Factores ambientales que originan estrés en plantas. In: Benavides, M.A. *Ecofisiología y bioquímica del estrés de plantas*. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila.
- Hernández, P.G. 2012. Producción de Forraje y Contribución de los Componentes (Tallos, hojas y espigas) a la calidad Forrajera en cebada y otros Cereales de Invierno. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. Pp.16



Hughes, H. D.; Heath, M. E. y Metcalfe, D. S. 1974. Forrajes, Ed. CECSA, México. 343-373 p.

Ji-hua, M. and W. Bing-fang. 2008. Study on the crop condition monitoring methods with remote sensing: [http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8\\_pdf/10\\_WG-VIII-10/05.pdf](http://www.isprs.org/proceedings/XXXVII/congress/8_pdf/10_WG-VIII-10/05.pdf). (Consultado el 13 de abril de 2017).

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.

Krishna, R.P.V. 2002. Remote sensing: A technology for assessment of sugarcane crop acreage and yield. *Sugartech.* Vol.4. Pp.97-101.

Lara, R.G. 2012. Producción de materia seca y contribución de los componentes (Tallo, Hojas y Espigas) en Trigos Imberbes y otros Cereales de Invierno, Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp 1-39.

Lookwood, P.V., D.A. MacLeod, A. Cass and A.F.C. Regar. 2000. Suppression of wheat early growth in standing stubble. *SpringerLink, Sciences of soils*, 5:2.

Metcalfe, D.S. 1974. Forrajes, Ed. CECSA, Mexico. 343-373p.

Lucas, A. A. and Shuler, C. A. 2007. Análise do NDVI/NOAA em cana de açúcar e Mata Atlântica no litoral norte de Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 11(6):607-614.

- Machado, H. R. 2007. Development of methodology to sampling in sugarcane considering biomass spectral response in orbital images. *Revista Brasileira de Cartografía*. 59(02): 115-126.
- Martin, A.1990. Cultivos del trigo. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. Mexico.p.207.
- Miralles, D. J. 2004. Consideraciones sobre ecofisiología y manejo de trigo. Información técnica de trigo. Campaña 2004. Publicación Miscelánea N° 101.
- Murrieta, G. I. 2006. Evaluación de parámetros fisiológicos de cruas de diferentes variedades de trigo bajo condiciones de calor y sequía. Tesis de Maestría. Instituto tecnológico de Sonora. Dirección Académica de Recursos Naturales. Cd. Obregón, Sonora, Mexico. Pp 27-29.
- Nass, H.G. 1973. Determination of Characters for Yield Selection in Spring Wheat. *Can.J.Plant.sci*.53: pp 755 – 761.
- Ramírez, P.F. 1977. Memorias de la 11 reunión técnica de la unidad de cereales (Trigo, Avena, Triticale, y laboratorio de calidad). SARH-INIA. Puebla, México.
- Rojas, G.M y H. Ramírez. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Editorial LIMUSA, México, D.F. 23,30.
- Ramírez, M.J.A. 2004. Evaluación de Líneas Elite de Trigo (*Triticuma estivum* L.) bajo Régimen Restringido de Humedad en la Región de Navidad, N. L. 2003. 2004. Tesis de licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp 9-10.

- Roblero, P.J.A. 2014. Producción de Materia Seca y Contribución de los Componentes (Tallo, Hoja y Espiga) en Trigos Invernales y otros Cereales de Invierno. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Pp.41-45.
- Robles, S.R. 1990. Producción de granos y forrajes. 5a Edición. Limusa. Mexico. Pag.267-284.
- Rojas, G.M. y M. Rovalo. 1985. Fisiología vegetal aplicada. Editorial Mc Graw-Hill, México, D.F. 211-214, 243. y R. H.
- Rojas, A.A. 1998. Crecimiento de grano en líneas de trigo macarronero (*Triticum turgidum*) contrastantes en altura de planta y precocidad y su relación con el rendimiento. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.
- Rouse, J.W. Haas. R.H. Schell. J. A. y Deering. D. W. 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA SP-351, vol.1. pp.309-317.
- Reynolds, M.P., A. Mujeeb-Kazi and M. Sawkins. 2005. Prospects for utilizing plant-adaptive mechanisms to improve wheat and other crops in drought- and salinity-prone environments. *Annals of Applied Biology.*, 146: 239-259.
- Ruddorff, B.F.T. and G.T. Batista. 1990. Spectral response of wheat and its relationship to agronomic variables in tropical region. *Remote Sens. Environ.* 31:53-63.

SAGARPA.2011. Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México2011-2020.

[http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios\\_economicos/escenariobase/perspectivalp\\_11-20.pdf](http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/perspectivalp_11-20.pdf). (Consultado 13 de abril de 2017).

Serrano, L., L. Feilla and J. Peñuelas. 2000. Remote Sensing of biomass and yield of winter wheat under different nitrogen supplies. *Crop sciences*. 40: 723- 731.

Simoës, M., J. Rocha y R.A. Lamparelli. 2005. Spectral variables, growth analysis and yield of sugarcane. *ScientiaAgricola* (Piracicaba,Brazil),vol.62,no.3,pp199-207.

Silveira, M.D. 2008. Producción de Materia de Forraje en Base a pasturas sembradas. Facultad de Agronomía. Universidad de la República de Uruguay.

Shanahan, J. F., J. S. Schepers., D. D. Francis., G. E. Varvel., W. W. Wilhelm., J. M. Tringe., M. R. Schlemmer and D. J. Major. 2001. Use of remote-sensing imagery to estimate corn grain yield. *Agronomy Journal*. (93): 583– 589.

Scade, J. 1975. Cereales. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Stanley, B. 2012. Agricultura de precisión. Accesibilidad al usuario INIA Chile - Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA).

UAAAN.2011. Campos Experimentales. [http://www.uaaan.mx/investigación/Comeaa/Campos\\_Experimentales\\_2011.pdf](http://www.uaaan.mx/investigación/Comeaa/Campos_Experimentales_2011.pdf). (Consultado el 12 de mayo de 2017).

Urdiano, B.P. 2002. Evaluación de Rendimiento y sus Componentes de Trigo Harinero (*Triticumaestivum* L.) de Líneas Elite, Zaragoza Coahuila. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México.

USDA.2017.Trigo Producción Mundial. 2016/2017: <https://www.produccionmundialtrigo.com/>.(Consultado el 13 de abril de 2017).

Uson.16948.Generalidades del Trigo.tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/16948/Capitulo2.pdf. (Consultado el 22 de Marzo de 2017).

Verhulst, N., Govaerts, B., Fuentes, P., M. 2010. Sensor portátil GreenSeeker™ para la medición del índice diferencial de vegetación normalizado (NDVI): Una herramienta para la evaluación integral de las prácticas agronómicas. Parte A: Conceptos y estudios de caso. México, D.F.; CIMMYT.

Yin, X. and M. J. Kropff. 1996. The effect of temperature on leaf appearance in rice. *Ann. Bot.*, 77:215-221.

Zadoks, J.C., T.T. Chang and C.F. Konzak. 1974. A Decimal Code for the Growth Stages of Cereals. *Weed Research* 14:415- 421.

Zamora, V.V.M., Colín, R.M., Torres, T.M.A., Rodríguez, G.A. y Jaramillo, S.A. 2016. Producción y valor nutritivo en fracciones de forraje de trigo imberbes. Resultados de investigación 2016. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. 2pp.

## CITAS ELECTRÓNICAS

<http://www.conacyt.mx/cibiogem/index.php/trigo>

<http://www.ejournal.unam.mx/cns/no44/CNS04410.pdf>

<http://www.infocampo.com.ar/el-trigo-sirve-para-la-alimentacion-animal/>

<http://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/trigo.htm>

<http://www.icarito.cl/2010/04/21-9036-9-el-trigo.shtml>

<http://melagro.blogspot.mx/2013/03/cultivo-del-trigo.html>

[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://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-5/ACCION-DE-LA-TEMPERATURA-SOBRE-LA-VEGETACION.pdf>

<http://www.revistaciencias.unam.mx/en/193-revistas/revista-ciencias-44/1821-la-importancia-de-las-gram%C3%ADneas-como-forraje-en-m%C3%A9xico.html>

