

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE



Evaluación de variables de crecimiento en trigo (*Triticum turgidum* L.) variedad Júpare C2001 bajo diferentes regímenes de riego

Por:

JESSICA RINCÓN MONTIEL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Saltillo, Coahuila, México

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

Evaluación de variables de crecimiento en trigo (*Triticum turgidum*
L.) variedad Júpare C2001 bajo diferentes regímenes de riego

POR:

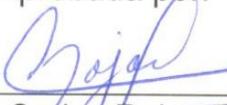
JESSICA RINCÓN MONTIEL

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

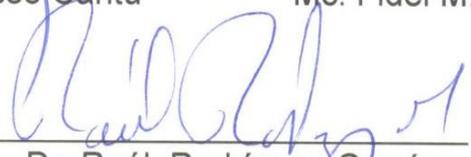
INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por:


M. C. Carlos Rojas Peña
Asesor Principal


Dra. Diana Jasso Cantú
Coasesor


Mc. Fidel M. Peña Ramos
Coasesor


Dr. Raúl Rodríguez García
Coasesor


Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la División de Ingeniería

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Coordinación de
Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México
Mayo 2017

AGRADECIMIENTOS

A **Dios**, por haberme regalado el don de la vida, la salud, la familia y la amistad, por haber puesto en mi camino a todas esas personas que hoy forman parte de mí, por nunca dejarme sola en ningún momento.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por haberme dado la oportunidad de formar parte de su comunidad universitaria y por haberme cobijado a lo largo de mi carrera, por el conocimiento y por todo lo que recibí durante este tiempo.

Al **Dr. Raúl Rodríguez García**, a la **Dra. Diana Jasso Cantú** y al **MC. Fidel M. Peña Ramos**, a la **MC. Verónica Cortez** y al **MC. Carlos Rojas** por su apoyo, amistad, paciencia, enseñanzas, por su tiempo y colaboración en la revisión y elaboración de este trabajo.

A mis compañeros **José Alejandro, Juan Antonio, Laínez, Yesenia, Elda y Martín**, por su ayuda en los trabajos realizados para la recolección de datos y sobre todo por su amistad.

A mis mejores amigos **Karen, Blanquita, Naye, Dalila, Lalo, Chaparro, chino**, amigos con los que compartí momentos alegres y tristes, por su compañía, comprensión y especialmente por regalarme su amistad.

A mi mejor amigo **Ady** (charrito) gracias por estar siempre a mi lado, por tus consejos, por escucharme siempre y ayudarme en todo momento, gracias por cuidarme y por haber hecho que encontrara en ti a un hermano, porque nunca me dejarme sola en los momentos en los que más te necesite, por tu linda amistad muchas gracias.

A **Nieves, Víctor** y a **Efrén** gracias por su amistad y por su disposición a ayudarnos a mí, a mis hermanos y amigos, gracias por escucharme, por los consejos que me ayudaron a salir adelante, por hacerme reír cuando me vieron llorar, muchas gracias.

DEDICATORIAS

A mi **mamá Antonia Montiel Ariza** y a mi **papá Francisco Rincón Carranza** que con amor me brindaron su confianza y calor, imaginándome grande cuando aún era pequeña, sabiendo que el tiempo podría convertir su sueño en realidad, aun con tantas adversidades. Hoy termina una meta para los tres, este triunfo también es suyo, es el resultado de sus desvelos, esfuerzos y sacrificios diarios.

A mis hermanos:

Jacobo Rincón Montiel,

Olibia Rincón Montiel y

David Rincón Montiel

por su ayuda incondicional, consejos, cariño y comprensión, por compartir con migo momentos de tristeza y felicidad, por estar a mi lado en los momentos más importantes, felices y difíciles de mi vida, sobre todo por cuidar siempre de mí y enseñarme tanto de la vida, por ser mis mejores amigos.

A mi cuñado **Rubén** y mi cuñada **Anayeli** por la ayuda que he recibido de ustedes, por estar con migo y la familia en situaciones difíciles.

A mis sobrinitas **Carolina Jazmín** y **Luz Esperanza** por el cariño que recibo de ustedes y los lindos momentos que he pasado junto a ustedes.

ÍNDICE DE TEXTO

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIAS.....	ii
ÍNDICE SE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos.....	3
1.1.1. Objetivo general.....	3
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.2. Hipótesis	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Generalidades del cultivo.....	4
2.1.1. Antecedentes históricos.....	4
2.1.2. Clasificación Taxonómica del trigo.....	5
2.1.3. Morfología de la planta.....	6
2.1.4 Descripción del cultivo.....	7
2.1.5. Adaptación ecológica.....	9
2.1.6. Importancia del cultivo.....	10
2.1.7. Propiedades alimenticias del trigo.....	11
2.1.8. Estructura y composición del grano de trigo.....	13
2.1.9. Clasificación del trigo en México.....	15
2.2. Riego en trigo.....	17
2.3. Déficit hídrico en el trigo.....	18
2.4. Producción nacional de trigo.....	19
2.5. Producción estatal de trigo.....	21
2.6. Plagas y enfermedades del trigo.....	23
2.6.1. Plagas	23

2.6.2. Enfermedades.....	24
III. MATERIALES Y METODOS.....	26
3.1. Área experimental	26
3.1.1. Clima	27
3.1.2. Suelo	27
3.2. Metodología.....	28
3.2.1. Establecimiento del experimento.....	28
3.2.2. Riego	29
3.2.3. Fertilización	32
3.2.4. Cosecha.....	32
IV. RESULTADOS.....	34
4.1. Número de Hojas (NH)	37
4.2. Peso Seco de Tallos (PST).....	37
4.4. Materia Seca Total o Parcial (MST).....	38
4.5. Índice de Área Foliar (IAF)	39
4.6. Rendimiento de granos (RG).....	39
V. CONCLUSIONES.....	42
VI. FUENTES CONSULTADAS	43

ÍNDICE SE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del trigo	5
Cuadro 2. Principales requerimientos climáticos.....	10
Cuadro 3. Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo (Ruiz, 2009).....	13
Cuadro 4. Clasificación del trigo en México.	16
Cuadro 5. Producción de trigo en el estado de Coahuila en el 2016.	22
Cuadro 6. Fechas de riego del tratamiento 1 y 2.	30
Cuadro 7. Fechas de riego del tratamiento 3 y 4	31
Cuadro 8. ANVA para las variables número de hojas (NH), Peso seco de tallo (PST), Peso seco de hojas (PSH), Materia seca total (MST), Índice de área foliar (IAF) y rendimiento de granos (RG) por Tukey.	35
Cuadro 9. Valores promedio de No. De hojas (NH), peso seco de tallos, (PST), peso seco de hojas (PSH), materia seca total (MST), Índice de área foliar (IAF) y rendimiento de grano (RG) para los cuatro tratamientos de trigo variedad Júpare con diferentes láminas de riego en la etapa de la antesis.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la planta.....	6
Figura 2. Características de la espiga y granos del trigo variedad Júpare	7
Figura 3. Crecimiento y desarrollo de la planta.....	8
Figura 4. Estructura del grano del trigo.....	13
Figura 5. Porcentaje mensual de producción de trigo en el 2016.	23
Figura 6. Ubicación del experimento.	26

I. INTRODUCCIÓN

La necesidad de visualizar la agricultura con menos costos de producción y mayor eficiencia en el uso del recurso hídrico, como requisitos para incrementar la rentabilidad y competitividad de las actividades agrícolas actuales y potenciales, exige generar nuevas estrategias de producción. El trigo requiere de agua continuamente y la magnitud de sus necesidades varía con el estado de desarrollo de la planta. Las etapas críticas o de mayor demanda de agua son: espigamiento y llenado del grano, de tal manera que si se castiga la planta en cualquiera de estas etapas, el rendimiento de grano se puede reducir. Por lo que el factor más importante para lograrlo es el diseño de riego óptimo y su operación. (INIFAP, 2002).

En el cultivo del trigo se ha demostrado que es posible incrementar la productividad del agua y de la tierra si se diseña correctamente el riego (AgroSíntesis, 2010). El noroeste de México es una zona árida-semiárida y la tendencia actual es disminuir la cantidad de agua utilizada en la producción de trigo. Para determinar las mejores prácticas de manejo de riego, se efectuó un estudio para cuantificar la respuesta del trigo, utilizando diferentes láminas de riego (Moreno R. O., *et al*, 2011).

El trigo es uno de los cereales más importantes en México, se cultiva en veintitrés estados de la república y tiene una mayor concentración en la zona norte y noroeste del país. Los principales cinco estados productores de trigo son: Sonora, Baja California, Guanajuato, Sinaloa y Michoacán, los cuales acumulan 89 % de la producción total (FIRA, 2015), el consumo anual nacional es de 7.5 millones de toneladas y se producen 3.5, por lo cual se requiere importar 4 millones de toneladas al año. El rendimiento nacional promedio es de 5 toneladas por hectárea, y en Coahuila es de 3 toneladas por hectárea, por lo cual se requiere establecer estrategias de manejo del cultivo para incrementar el rendimiento de este cultivo en el estado (Cortez, 2016).

La sequía es un factor importante ya que afecta la fenología de la planta provocando que retarden o aceleren su desarrollo y de manera indirecta, disminuyen la cantidad de energía luminosa interceptada, lo cual se relaciona en gran medida con la producción de materia seca y grano. (Ramírez M, 2015).

En el estado de Coahuila contamos con una gran problemática en cuanto a la disponibilidad al recurso agua, comenzando por las bajas precipitaciones que se presentan, también a la sobre explotación de los mantos acuíferos, por lo que se debe tomar en cuenta las medidas necesarias para hacer un uso eficiente del agua en el sector agronómico y así obtener buenos rendimientos en los cultivos usando la menor cantidad de agua. Es necesario realizar experimentos de investigación donde podamos evaluar el comportamiento del trigo, aplicando diferentes números de riego al cultivo y sembrando en diferentes fechas con la finalidad obtener un ahorro de este recurso, sin afectar su rendimiento.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo general

Establecer y evaluar cuatro parcelas de trigo variedad Júpare, con el propósito de hacer un análisis del crecimiento del cultivo, a través de diferentes láminas de riego o regímenes de riego para poder aplicarlo posteriormente en superficies mayores y así obtener una mayor eficiencia en cuanto al uso del agua, usando sistema de riego por aspersión.

1.1.2. Objetivos específicos

- 1.- Establecer una parcela para cada tratamiento (4 tratamientos con 5 repeticiones para cada uno).
- 2.- Aplicar diferentes láminas de riego (Lr) o regímenes de riego en las cuatro parcelas y sembrarlas en diferentes fechas para poder evaluar así la parcela con la se obtiene un mayor rendimiento, evaluándolo con el análisis de los parámetros del crecimiento.
- 3.- Analizar los datos de cada tratamiento o parcelas que se obtendrán a partir de muestreos que se realizaran durante el ciclo vegetativo del cultivo.

1.2. Hipótesis

Los mejores resultados del crecimiento de trigo variedad Júpare corresponden a una lámina de riego menor al 90%, ya que el suelo se encuentra a capacidad de campo y el cultivo no sufrirá de estrés hídrico, que nos permita obtener más granos en la planta.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades del cultivo

2.1.1. Antecedentes históricos

Su origen se remonta a la antigua Mesopotamia; las evidencias más antiguas provienen de Siria, Irak, Turquía y Jordania. Existen hallazgos de restos de grano de trigo que datan del año 6700 a.C. Fue introducido en México por los españoles en el año 1520 y luego llevado a sus demás colonias (Juárez N., et al 2015).

Se dice que el trigo llegó a México en la época de la conquista, a través de embarcaciones españolas, pero la historia lo documenta de otra manera. Como los viajes del viejo mundo a América eran largos, las provisiones se consumían y terminaban antes de llegar a su destino. Nadie se preocupaba por guardar semillas para que fueran sembradas en México. Por eso fue un poco tardía la llegada del trigo a nuestro país. Según relato de los historiadores Andrés de Tapia y Francisco López de Gomorra, el negro portugués Juan Garrido, criado de Hernán Cortés fue el primero en sembrar y cosechar el primer trigo en México al encontrar mezclados tres granos en un costal de arroz. Solo germinó uno que dio 180 granos y de esa espiga se hicieron otras siembras que comenzaron a cultivarse en diferentes regiones de la Nueva España.

Ya para 1534, a escasos 13 años de consolidar la conquista, se levantaban importantes cosechas de trigo en las inmediaciones de Texcoco y Puebla. Los jesuitas hicieron que el trigo llegara a la parte norte del país en donde enseñaron a los nativos a cultivarlo. Con la expulsión de estos religiosos, los franciscanos siguieron la labor del cultivo en toda la región. El cultivo del trigo, así como su transformación en harina y pan en la Nueva España, fue una necesidad imperiosa de los conquistadores, para satisfacer aquí viejas costumbres en su alimentación. También tuvieron la tarea de enseñar a los autóctonos la molienda y la elaboración del pan (CANIMLOT 2005).

2.1.2. Clasificación Taxonómica del trigo

El trigo, como las demás gramíneas es una planta monocotiledónea, herbácea, compuesta esencialmente de raíz, tallo, hojas y espiga, (Obregón, 1963).

Según Vera en el 2011 nos presenta la siguiente clasificación taxonómica del trigo.

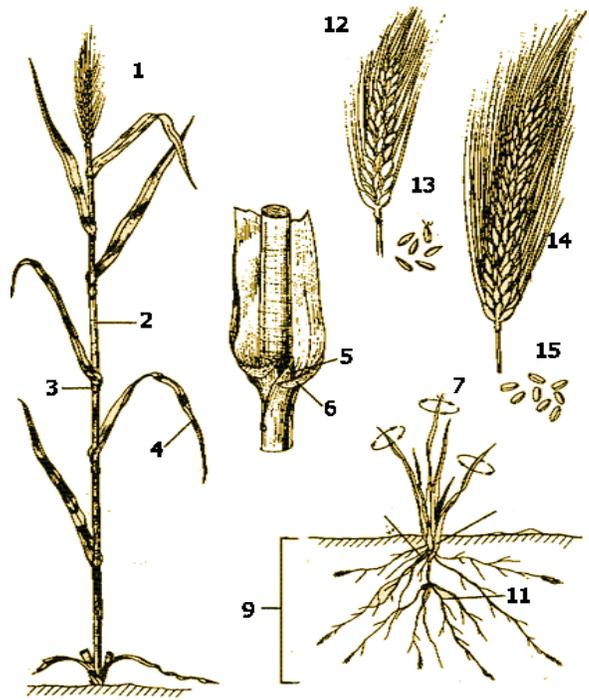
Cuadro 1. Clasificación taxonómica del trigo

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Género	Triticum
Especie	Vulgare, aestivum
Nombre científico	Triticum turgidum L.
Variedad	Júpare C2001

2.1.3. Morfología de la planta

1. La altura que varía entre los 30 y 180 cm.
2. El Tallo es recto y cilíndrico. Tiene nudos
3. El nudo es sólido. La mayoría de los trigos tienen seis nudos aproximadamente.
4. La hoja es lanceolada, con un ancho de 0,5 a 1 cm y una longitud de 15 a 25 cm. Cada planta tiene de cuatro a seis hojas.
5. La lígula es de longitud media.
6. La aurícula es despuntada y tiene pelos. La lígula y la aurícula se sirven en la identificación de las plántulas.
7. En la plántula las hojas se despliegan al nacer, girando en el sentido de las manecillas del reloj. Esta es también una característica en la identificación de las plántulas.

Figura 1. Morfología de la planta.



8. Amacollamiento. Esta es otra característica en los cereales. Las plántulas producen macollos de número variable, generalmente de dos a siete.
9. Las raíces del trigo son semejantes a la de la cebada y la de la avena.
10. Las raíces permanentes o secundarias nacen en el primer nudo.
11. Raíces que nacen a partir de la semilla. Normalmente existen cinco raíces seminales, una radical o primaria y cuatro laterales, que funcionan durante toda la vida de la planta.
12. Consiste en una infinidad de espiguillas que terminan en una arista o barba.
13. Los granos del trigo generalmente son alargados, puntiagudos, duros y de color ámbar rojizo.
14. Espiga del trigo común.
15. Los granos del trigo común pueden ser blandos o duros (David B. Parsons M., 1978)

La inflorescencia del trigo forma una espiga la cual consta de un eje central llamado “raquis” la cual se intersectan las espiguillas o “espículas” en número varía dependiendo de la variedad, las condiciones de cultivo, del suelo, etc., (Obregón, 1963.)

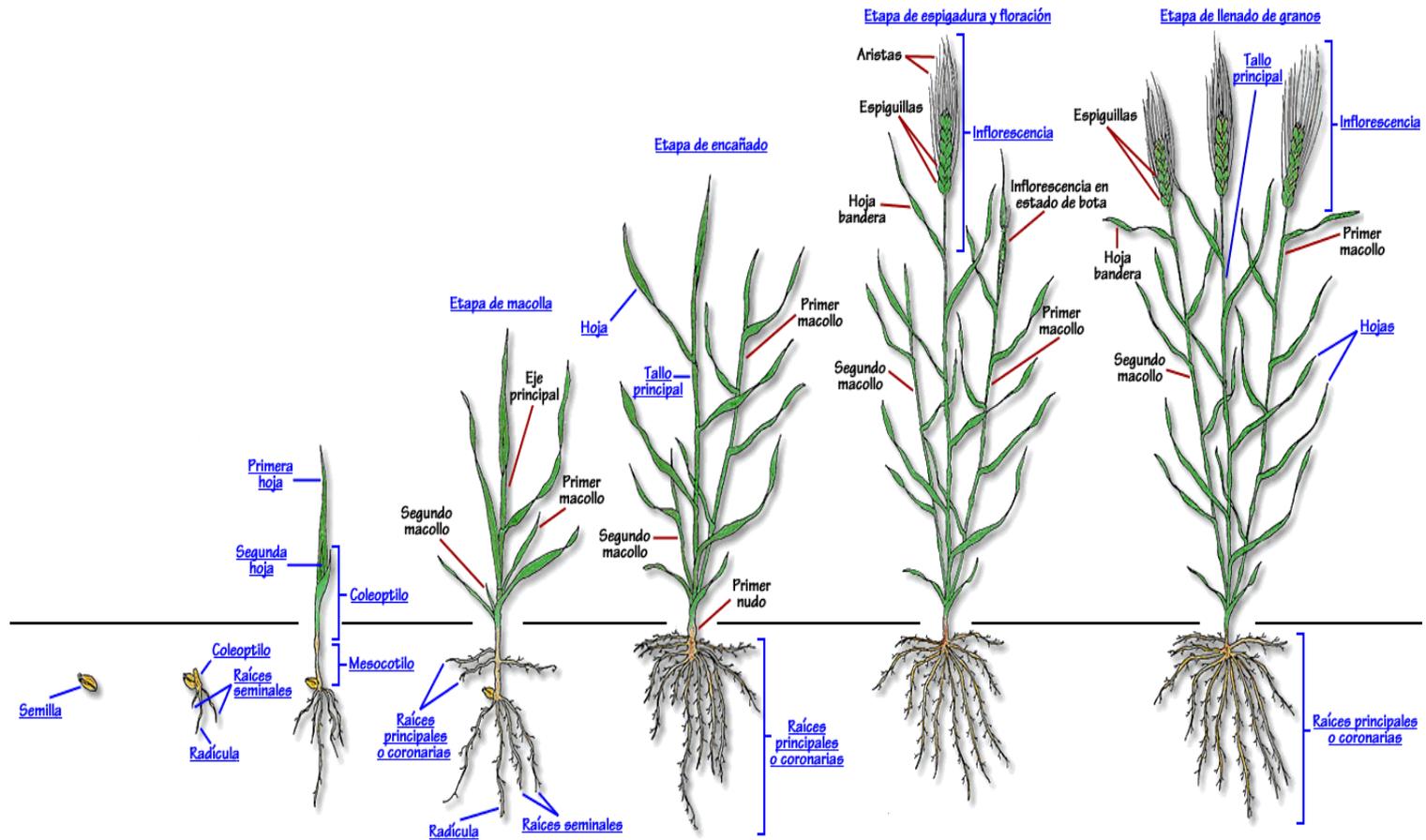
2.1.4 Descripción del cultivo

El trigo variedad Júpare es un cultivo anual, presenta las siguientes características: es una variedad de tallos erectos, con serosidad fuerte en el pedúnculo de la espiga y vaina de la hoja. Espiga blanca con vellosidad débil en el margen del primer segmento del raquis, longitud y densidad media, bordes paralelos y serosidad fuerte, las barbas son blancas a ligeramente cafés. Gluma ovalada sin vellosidad externa, hombro medio y elevado, punta corta y moderadamente curva. Grano semielíptico de color ámbar y brocha corta, sin coloración al tratarse con fenol; al germinar, el coleoptilo adquiere una fuerte coloración antocianina. Resistente a roya de la hoja (*Puccinia recóndita* Rob.) y tolerante al carbón parcial del grano Camacho et al. (2004).

Figura 2. Características de la espiga y granos del trigo variedad Júpare



Figura 3. Crecimiento y desarrollo de la planta



Fuente: http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/trigo.htm

2.1.5. Adaptación ecológica

Frente a condiciones de acidez, el trigo es más tolerante que las leguminosas, pero el desarrollo de la mayoría de las variedades de trigo se ve afectado por esta condición, existiendo marcadas diferencias genéticas. El rango de pH adecuado para el metabolismo de la planta de trigo varía entre 5,5 y 7,5, mientras que la saturación de aluminio debe ser inferior a 4%. Un pH menor de 5,5 afecta el rendimiento y la calidad, esto se produce porque aumenta la solubilidad del aluminio, produciendo toxicidad. La toxicidad del aluminio deriva en la restricción del desarrollo radical, por lo que la planta explora un volumen menor de suelo, disminuyendo de este modo la absorción de nutrientes y agua (Acevedo V. R. 2011).

Existen muchas variedades de trigo que permiten que este se cultive desde el nivel del mar hasta los 4000 metros. Las zonas más productivas se encuentran entre los 25 y 600 msnm. La temperatura óptima de germinación para el trigo es sobre los 20-22 °C (Acevedo V. R. 2011). El trigo se cultiva principalmente en zonas templadas, sin embargo, las plantas pueden crecer a temperaturas altas, a condiciones de que no haya alta humedad. La temperatura adecuada para el cultivo de estas plantas varía entre 15 y 31 °C la óptima depende de la etapa del desarrollo, de la variedad y del tipo de planta, (David B. Parsons M., 1978). El éxito obtenido en la adaptación del trigo al clima húmedo, logrando, en promedio, los más altos rendimientos (Arias, 1941).

Con respecto a la **humedad**, se debe mencionar que es un cultivo que no requiere grandes cantidades de agua ya que con **300-400 mm** se consiguen buenas cosechas, aunque lo ideal es que se superen estos límites. Los momentos críticos con respecto al estrés hídrico, son antes y después de la germinación y el más importante alrededor de unos 15 días antes del espigado y en el propio espigado (Acevedo V. R. 2011).

El trigo de invierno se siembra en otoño, mientras que el trigo de primavera de siembra en otoño. El trigo de invierno requiere un período frío o cantidad mínima de horas frío (vernalización) durante el crecimiento inicial para el espigado normal en los días largos, El trigo normalmente se siembra a una profundidad aproximada de 5 cm, aunque se puede sembrar a una profundidad mayor en condiciones secas, para intentar ubicar la semilla en suelo húmedo. Aunque esto puede tener buenos resultados, retrasa la emergencia y el crecimiento, y en situaciones extremas puede reducir la densidad de población (FAO, 2008).

Cuadro 2. Principales requerimientos climáticos.

	Maíz	Trigo	Sorgo
Altitud (msnm)	0-3000	25-2800	0-1500
Precipitaciones (mm)	700-1300	700-1000	500-1000
Temperatura (°C)	18-24	15-23	22-32

En México, el trigo se cultiva principalmente en el ciclo Otoño-Invierno, debido a que es altamente dependiente de condiciones climáticas templadas y necesita una gran disponibilidad de agua para su riego. (SAGARPA 2011).

2.1.6. Importancia del cultivo

El cultivo de trigo en México alcanza un valor de 12 mil mdp, cifra que le coloca como el 10º cultivo más importante, al contribuir con el 2.9% del valor de la producción agrícola. La producción nacional de este grano no es suficiente por lo que resulta imprescindible importar para poder satisfacer las necesidades del país. En México, el consumo de trigo se sitúa en tercer lugar, por detrás del maíz y del frijol. La producción mexicana de trigo no es elevada, sobre todo si es comparada con otros cultivos como el maíz o el sorgo. (Negocios 360, 2016).

SAGARPA en el 2016 informó que entre enero y septiembre de este año, el rendimiento en la producción de trigo en el país registró un crecimiento de 19 %, debido

a la aplicación de nuevas tecnologías y componentes para aumentar la productividad en el campo nacional. Mediante las políticas públicas de la SAGARPA orientadas a la innovación para hacer más productiva y sustentable las actividades en el país, se obtuvo en este periodo un aumento de una tonelada por hectárea cultivada de trigo, al pasar de 4.8 a 5.8 toneladas en la misma superficie.

Lo anterior se traduce en un incremento en la producción estimada nacional de 2.8 %, con lo que se ubica en 3.7 millones de toneladas al mes de septiembre de este año, lo que representa un incremento de alrededor de 200 mil toneladas en relación a lo obtenido en el mismo lapso del año anterior. Los principales estados productores son Sonora, Baja California, Guanajuato, Sinaloa y Chihuahua, entidades que aportan alrededor del 87 % de la producción del país.

En cuanto a la alimentación en México, alrededor de 80 % del trigo en grano se destina a la industria del pan. Se le considera al trigo en grano un producto estratégico debido a que es un alimento de enorme demanda gracias a su alto contenido nutricional, factor que contribuye al fortalecimiento del sector alimentario, además de ser uno de los recursos de mayor importancia en la dieta de los mexicanos, (SAGARPA 2016).

2.1.7. Propiedades alimenticias del trigo

El trigo es la proteína, misma que se encuentra contenida en el gluten, el cual facilita la elaboración de levaduras de alta calidad, necesarias para la panificación. Ha sido considerado un alimento bastante completo, rico en minerales, particularmente en fósforo, es altamente eficaz para aliviar diferentes achaques del ser humano, como en los siguientes casos:

- El trigo en grano bien cocido, lo mismo que el pan de trigo integral es especial para combatir el estreñimiento.
- Es un buen tónico de los nervios, y constituye un alimento especial para los anémicos.

- El extracto de trigo tierno (espigas), es un alimento muy recomendado para los enfermos del estómago, los débiles y los convalecientes.
- El salvado de trigo contiene gran cantidad de elementos basificantes (alimento acidificante) y bioquímicos.
- El agua de cocción del trigo constituye uno de los mejores caldos para toda clase de avitaminosis; esta misma agua se puede añadir a la leche de los niños de pecho, cuando haya necesidad de rebajarla o aumentarla en elementos bioquímicos, ya que es absolutamente compatible con la leche.
- El caldo de salvado es eficaz contra todo tipo de fiebres y de infecciones intestinales y estomacales, lo mismo que para los trastornos del hígado (Ramos, 2014).

La harina de trigo es el principal ingrediente para la elaboración de pan, sus componentes son: almidón (70 – 75 %), agua (14 %) y proteínas (10 - 12 %), además de polisacáridos del almidón (2 - 3%) particularmente arabinoxilanos y lípidos (2%). La siguiente tabla presenta los porcentajes de los principales componentes de la harina de trigo. (Ruiz, 2009).

El trigo es de los pocos cereales que contienen los cinco elementos esenciales para el organismo, es decir, carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas (SAGARPA, 2016).

Cuadro 3. Porcentaje de los principales componentes de la harina de trigo (Ruiz, 2009).

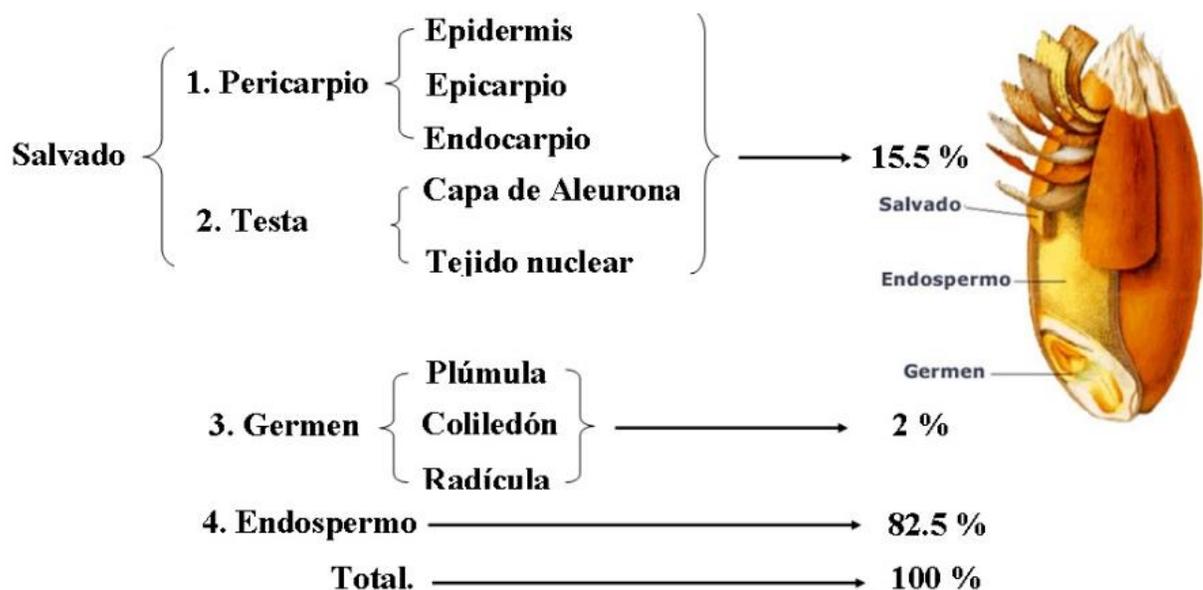
Componentes	Porcentajes (%)
Almidón	70-75
Proteínas	10-12
Polisacáridos (no del almidón)	2 – 3

Fuente: http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf.

2.1.8. Estructura y composición del grano de trigo

El grano tiene una forma ovoide, redondeado en los extremos. Es una cariósipide (Fruto seco que tiene una sola semilla con el pericarpio adherido a la misma) desnuda. Las capas externas se eliminan durante el proceso de molienda. Está conformado por el pericarpio, la capa que recubre la semilla, el endospermo y el embrión (UNAM, 2013).

Figura 4. Estructura del grano del trigo.



Fuente: UNAM, 2013.

El trigo y sus derivados tienen cinco componentes básicos: humedad, carbohidratos, proteínas, fibra, grasas. Además existe un contenido importante de vitaminas y minerales.

Humedad: en el trigo se maneja comercialmente bajo la base de un 14%, es decir al peso del trigo se le resta ese porcentaje para obtener el peso de la materia seca.

- **Carbohidratos:** el componente más abundante, están representados en un 98% por el almidón, el cual está presente solamente en el endospermo.
- **Proteínas:** Las proteínas están repartidas por todo el grano, aunque el 90% se concentra en el endospermo, representado por la gluteína y la gliadina.
- **Fibra:** La fibra, en su mayoría insoluble, se encuentra casi exclusivamente en el salvado.
- **Grasas:** Las grasas contenidas en el germen son 5,5 veces más que las contenidas en el endospermo y el salvado juntos. En su mayor parte, son grasas no saturadas.
- **Vitaminas y minerales:** se encuentran distribuidos, en su mayor parte, entre el salvado y el germen, siendo este último más rico en estos dos nutrientes. Destacan entre los minerales el fósforo, el potasio y el magnesio. De las vitaminas el complejo B (exceptuando la B12) y la vitamina E.

El gluten es un compuesto de las proteínas glutenina y gliadina (de trigo), proteínas conocidas como las prolaminas. Proporciona una elasticidad y capacidad parecida a la goma para mantener los productos de harina juntos y proporcionarles una textura masticable, sin embargo cabe la posibilidad de que este sea dañino para nosotros, sobre todo para las personas que padecen de celíaca, un padecimiento que los hace susceptibles al gluten (Bienestar180, 2010)

2.1.9. Clasificación del trigo en México

Han comprobado que, aunque el establecimiento y el proceso de elaboración hayan sido los mismos, no siempre los productos panificados tienen las mismas características. Esto se debe a que las harinas poseen diferente calidad panadera, según:

- la variedad de trigo del cual se obtienen,
- las condiciones de desarrollo y de cultivo de dicho trigo,
- las condiciones (temperatura, humedad, tiempo) del almacenamiento y
- el acondicionamiento de humedad realizado para la molienda en el molino. (Axonas, 2013).

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

- *Triticum aestivum* o trigo pan: permite una buena separación de sus componentes y tiene un buen valor panadero. Un trigo duro con alto porcentaje de proteínas es ideal para harina para hacer pan. Los trigos blandos con bajo porcentaje de proteína son ideales para harinas para tortas y galletitas dulces.
- *Triticum durum* o trigo fideos: es un trigo no apto para panificación debido a la baja extensibilidad, la alta tenacidad de la masa que forma. Es ideal para harina para pastas. Dentro de cada especie existen diferentes variedades. Según sea la especie y la variedad del trigo, variará la composición y porcentaje de cáscara que forma el grano, la estructura proteica, y la cantidad y calidad de las proteínas. (Axonas, 2013).

Cuadro 4. Clasificación del trigo en México.

Trigo	Tipo de Gluten	Textura de Grano /Endospermo	Usos
Grupo 1	Fuerte (muy elástico) y extensible.	Duro a semiduro.	Lo utiliza la industria mecanizada de la
Grupo 2	Medio fuerte (elástico) y extensible.	Duro a semiduro.	Es para la industria del pan hecho a mano o semi-mecanizado; se le utiliza como mejorador de trigos débiles o trigos con gluten muy fuerte.
Grupo 3	Débil (ligeramente elástico) y extensible.	Suave (blando). No producen harinas panificables por sí-solos; requieren mezclarse con trigos Grupo 1 y 2.	Se utilizan para la industria galletera y elaboración de tortillas, buñuelos y otros; aunque puede utilizarse en la panificación artesanal. Como corrector de trigos con gluten muy fuerte.
Grupo 4	Medio y tenaz (no extensible)	Duro a Semiduro.	No es panificable por su alta tenacidad. Se mezcla con trigos fuertes. Es utilizado para la industria de la repostería (pastelera y galletera).
Grupo 5	Fuerte, tenaz y corto (no extensible).	Es un grano muy duro y cristalino. Endospermo con alto contenido de pigmento amarillo (carotenoides)	No es panificable. Se usa para la industria de pastas alimenticias (espagueti, macarrones, sopas secas, etc.).

Fuente: Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo

De acuerdo a la Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo de México (CANIMOLT 2005), la producción de harina se distribuye de la siguiente manera: 68 % para los panes, pasteles y galletas (artesanal y panaderías industriales); 9 % para elaborar las galletas; 11 % para la sopa de pasta, un 7 % para las tortillas de trigo y 5 % para otros productos como pizzas, bocadillos, etc. (FIRA 2015). Alrededor del 80% de la producción de trigo se destina, principalmente, a la industria panificadora (SAGARPA 2016).

2.2. Riego en trigo

Aplicar la cantidad correcta de agua en los cultivos de trigo es esencial para que produzcan un alto rendimiento. Una gestión adecuada del riego minimiza las pérdidas de producción debido a la escasez de agua en los cultivos, optimiza el rendimiento por unidad de agua aplicada y promueve buenas prácticas de manejo.

El resultado es un mayor retorno de la inversión desde la siembra hasta la cosecha, el manejo efectivo del agua es importante en cada etapa del crecimiento del cultivo de trigo. Es importante tener en cuenta muchos factores, como el clima, el tipo del suelo, y el diseño del sistema de riego para satisfacer las necesidades particulares del cultivo, En el caso del trigo de invierno, el riego generalmente es necesario para proporcionar suficiente agua a fin de establecer el cultivo y mantenerlo durante todo el invierno. La humedad al comienzo de la primavera con frecuencia es suficiente para el trigo de primavera y de invierno. Los riegos al finalizar la primavera y de verano deben centrarse en proporcionar suficiente agua para las plantas desde la etapa inicial de crecimiento hasta la etapa de crecimiento de la masa (LINDSAY 2015).

Como anteriormente se mencionó, en México, las principales regiones trigueras están en el noroeste del país. Donde se produce 53 % del total nacional, y el Bajío contribuye 28 %. En ambas regiones el trigo se produce en el ciclo otoño-invierno (O-I; noviembre-mayo) con riego. El 19 % restante se produce en áreas de temporal, principalmente en el altiplano mexicano. La eficiencia en el uso del agua (EUA) es un

concepto que incluye cualquier acción que reduzca la cantidad de agua usada por unidad de cualquier actividad y que favorezca el mantenimiento o mejoramiento de la calidad del agua (Ledesma L., 2012).

2.3. Déficit hídrico en el trigo

Al igual que para todos los cereales, el rendimiento del trigo puede considerarse el producto de tres componentes: la cantidad de espigas por unidad de área, la cantidad de granos por espiga y el tamaño de los granos. Tanto la cantidad de espigas como la cantidad de granos son resultado de la cantidad producida y la proporción sobreviviente. En gran medida, los componentes se desarrollan en secuencia y el momento en que ocurra el estrés hídrico determina cuál de los componentes se verá afectado. La cantidad potencial de hijuelos (brotes axilares o macollos), y por ende, de espigas por unidad de área, es la primera que se determina, seguida de la cantidad de granos por espiga y, por último, el tamaño del grano. Por tanto, en términos generales, el estrés temprano limita la cantidad de hijuelos (macollos) y el estrés después de la antesis reduce el tamaño de los granos individuales y la cantidad de granos hasta el aborto de los granos en desarrollo (FAO, 2008).

En las regiones trigueras de México, la limitante no es la superficie a sembrar, sino la disponibilidad del agua de riego, por lo que se buscan tecnologías de riego que permitan incrementar la eficiencia en el uso del agua. El déficit hídrico afecta las etapas fenológicas del trigo:

- el cultivo es sensible al déficit hídrico durante la formación de los órganos reproductivos y durante la floración.
- el déficit de agua en esta etapa del crecimiento reduce considerablemente el rendimiento de grano debido a la disminución en el número de granos por espiga
- los tejidos de los órganos reproductivos son susceptibles al daño por falta de agua, por lo que afecta la formación de polen y en consecuencia, la fecundación. (Inzunza M. et, ál, 2010).

La relación entre la producción de los cultivos y el régimen de humedad del suelo conocida como función de producción del agua de riego, es fundamental para la planificación integral del agua en la agricultura. Esta función de producción es resultado de un análisis empírico que permite maximizar el rendimiento de los cultivos con la aplicación óptima del agua de riego. Cuando no es posible aplicar la lámina de riego óptima se maximiza la productividad media del agua con una lámina de riego restringida (INIFAP, 2010).

2.4. Producción nacional de trigo

El estado de Sonora es el primer productor de trigo, siendo Baja California el segundo y Guanajuato el tercero. A estas entidades se les debe además el crecimiento y estabilidad de la economía, al producir un recurso alimenticio de gran impacto comercial en nuestro país y en resto del mundo. (FIRA, 2015). El trigo es el cereal más cultivado y sobresalen dos variedades el cristalino y el panificable. (SAGARPA, 2016). En Guanajuato se produce en el ciclo otoño-invierno (O-I) bajo condiciones de riego; en la mayoría, de las regiones del centro y el altiplano central en el ciclo primavera-verano (P-V) en condiciones de temporal (CIMMYT, 2006).

En el 2008 se producían 206.9 miles de toneladas, mientras que el 2013 el volumen producido alcanzó las 230 mil toneladas (Gestión, 2014). La superficie cosechada de México, para 2014 fue de 706.6 mil hectáreas, refiere un incremento de 11.4 % con respecto al año agrícola anterior, lo que corresponde a 262.2 mil toneladas. Entre los años 2005 a 2014, dicha superficie de riego, mostró una tasa de crecimiento promedio anual de 1.8% (FIRA, 2015). La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA, 2016) informó que se obtuvo en este periodo un aumento a nivel nacional de alrededor de una tonelada por hectárea cultivada de trigo, al pasar de 4.8 a 5.8 toneladas en la misma superficie, es decir 200 mil toneladas en relación a lo obtenido en el mismo lapso del año previo.

De acuerdo con estadísticas del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016), en el país fueron sembradas 722 mil 279 hectáreas de trigo y el valor de la producción se estima en 14 mil 167 millones de pesos esto en el 2016.

En el ciclo otoño-invierno 2014/15, se aumentó la superficie sembrada de trigo durum en Sonora y Baja California debido a los precios agrícolas favorables registrados en la cosecha del periodo anterior (primavera-verano). Sin embargo, la producción de trigo reporta reducciones a tasa anual, lo que se debe, entre otros factores a la falta de horas frío durante el proceso de desarrollo del cultivo (FIRA, 2015).

México es un importador neto de trigo blando, en 2013 importó poco más de 4 millones de ton, el 60% del consumo nacional. Los precios internacionales del trigo se incrementaron en 2012 debido a las sequías en Australia y EEUU, así como al peor invierno que se vivió en Rusia en dos décadas, que provocaron una caída en la oferta mundial. Debido a lo anterior, el precio en México aumentó en cerca de 40% entre julio de 2011 y noviembre de 2012. Hacia 2013 una producción mundial más abundante disminuyó la presión sobre las cotizaciones, que cayeron entre 20% y 30% (FND, 2014).

El trigo es el segundo grano (trigo blando) que más importa México en términos de valor, sólo superado por el maíz, cuyas compras foráneas también se encuentran en sus cifras más altas. En el primer semestre, las importaciones mexicanas de trigo sumaron 3 millones 129,290 toneladas, un aumento interanual de 98% (El Economista, 2017).

Cabe señalar que al año México exporta cerca de 2, 048,403 toneladas al año de trigo cristalino o duro, volumen que alcanzan un valor de 308.6 millones de dólares y entre los principales destinos a los que se envía este producto destacan Argelia, Venezuela, Turquía, Italia y Guatemala (SAGARPA, 2016).

2.5. Producción estatal de trigo

En el estado de Coahuila se alcanza un rendimiento promedio de 2.6 toneladas por hectárea bajo condiciones de riego y en temporal se obtiene un rendimiento de 1-1.5 toneladas por hectárea, ocasionando una baja rentabilidad en esta región y se requiere alrededor de 4 toneladas por hectáreas para cubrir los costos de producción y como consecuencia no se cubre la demanda de este cereal, (FND, 2014).

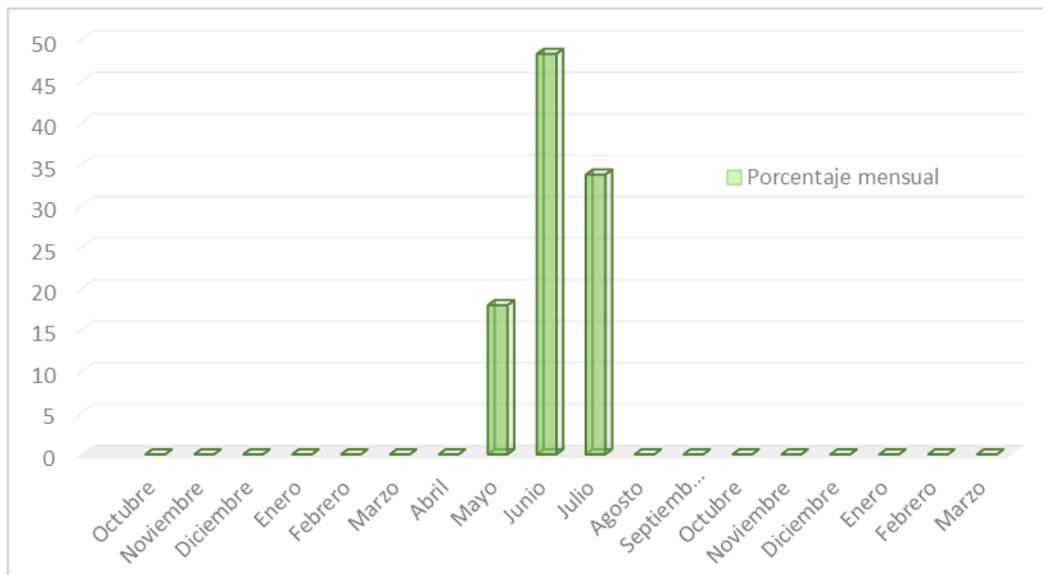
En Coahuila, en el año 2015 se sembraron 7, 630 hectáreas bajo la modalidad de riego con un rendimiento promedio de 3.57 ton ha⁻¹, la mayor superficie se encuentra en el centro- norte del estado, 7, 219 has, en los distritos de Acuña y Frontera y el resto en otros municipios, el municipio de Nava con 3,280 has es el que presenta mayor superficie destinada a este cultivo y con un rendimiento de 3.60 ton ha⁻¹, una de las principales variedades sembradas es la Júpare C2001 (Cortez, 2016).

Cuadro 5. Producción de trigo en el estado de Coahuila en el 2016.

Mes	Producción en toneladas		Porcentaje mensual
	Mensual	Acumulada	
Octubre	0	0	0
Noviembre	0	0	0
Diciembre	0	0	0
Enero	0	0	0
Febrero	0	0	0
Marzo	0	0	0
Abril	0	0	0
Mayo	4,563	4,563	17.99
Junio	12,244	16,807	48.28
Julio	8,556	25,363	33.73
Agosto	0	25,363	0
Septiembre	0	25,363	0
Octubre	0	25,363	0
Noviembre	0	25,363	0
Diciembre	0	25,363	0
Enero	0	25,363	0
Febrero	0	25,363	0
Marzo	0	25,363	0

Fuente: SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) con información de las Delegaciones de la SAGARPA 2016.

Figura 5. Porcentaje mensual de producción de trigo en el 2016.



Fuente: SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) con información de las Delegaciones de la SAGARPA 2016.

2.6. Plagas y enfermedades del trigo

2.6.1. Plagas

Áfidos: Son insectos succionadores de cuerpo blando, casi transparente. Cuando existen en cantidades abundantes, pueden causar amarillamiento y muerte prematura de las hojas. Exudan gotitas de un líquido azucarado (roció de miel) que puede causar diminutas manchas chamuscadas en las hojas y favorece el desarrollo de mohos negros. Al alimentarse, provoca la aparición de zonas necróticas acompañadas a veces de una coloración púrpura y el enrollamiento de las hojas infestadas. Y puede actuar como vectores de virus.

Gusano soldado: El principal síntoma es la defoliación de la planta. Las larvas se alimentan de las hojas y mastican desde los bordes hasta la nervadura central; también se alimentan de las espigas de los cereales. Las infestaciones grandes pueden ser muy destructivas; las larvas trepan por la planta y cortan el cuello debajo de la espiga. Se pueden encontrar especies que se alimentan sobre la superficie del suelo, otras que comen las raíces bajo tierra y otras que se alimentan dentro del tallo. Los gusanos soldados adultos son mariposillas; las hembras desovan sobre las hojas y vainas foliares cerca del suelo. Estos huevos eclosionan en unos días y al comienzo los gusanos soldados se alimentan cerca del sitio donde nacen (Prescott J. *et al*, 2016).

2.6.2. Enfermedades

Roya de la hoja: Principal enfermedad del trigo, el hongo que la causa puede atacar al cultivo en cualquier etapa de desarrollo de la planta y las esporas (urediniosporas) que produce pueden ser dispersas rápidamente a grandes distancias por el viento. Las esporas germinan 30 min después de estar en contacto con el agua a temperaturas entre 15 y 25 °C, y el desarrollo de la enfermedad se favorece a temperaturas de 10 a 30 °C. Los síntomas de la enfermedad se observan en el haz de las hojas; son las uredias pequeñas, esparcidas o agrupadas, las cuales son redondas a ovoides, de color naranja a rojizo, protuberando de la epidermis, Cuando esto sucede, la superficie de la hoja se puede cubrir con pústulas, tornándose amarilla y se seca. Para su control se recomienda lo siguiente: selección de variedad, tomar en cuenta la fecha de siembra, control químico. Se recomienda la aplicación de los fungicidas tebuconazol. (Folicur) o epoxiconazol (Opus) en dosis de 125 gr/ha de ingrediente activo (INIFAP, 2009).

Carbón parcial: Esta enfermedad es causada por un hongo que produce una gran cantidad de esporas (teliosporas) de color negro en el grano, el cual despiden un olor similar al del pescado en descomposición. Esta enfermedad no afecta significativamente el rendimiento, pero niveles de 3% de granos infectados o mayores alteran la calidad de la harina y de sus subproducto. Sucede únicamente en la etapa

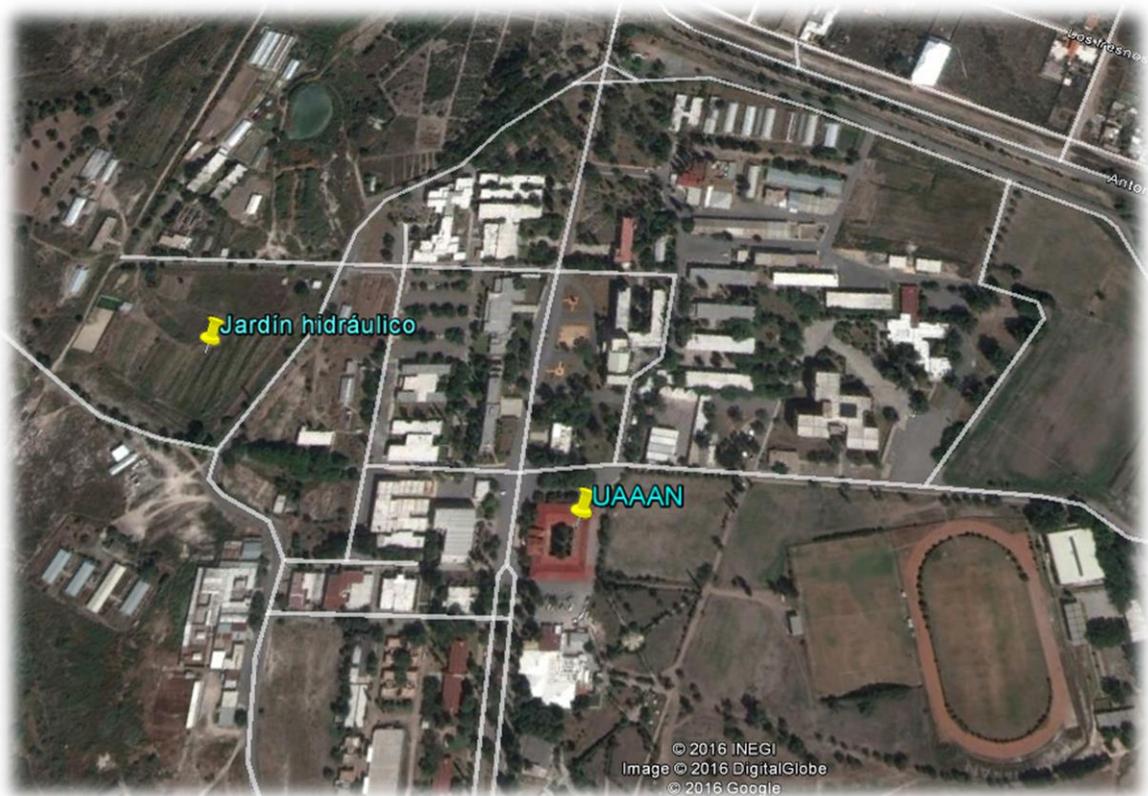
de floración del trigo, cuando se presentan días nublados con lluvias esporádicas y temperaturas entre 12 y 23°C. La infección se inicia cerca del embrión en la base del grano, extendiéndose por la sutura y dejando el pericarpio parcialmente intacto. La porción afectada del grano se sustituye por esporas de color café oscuro a negras. Los factores de manejo de la enfermedad que deben de considerarse son los siguientes: elección de la variedad, cantidad de semilla (La baja densidad de plantas también propicia una mayor ventilación y penetración de la luz al cultivo), uso racional y oportuno de fertilizantes nitrogenados, aplicación de fungicidas durante la floración (INIFAP, 2009).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Área experimental

Para la realización del trabajo se establecieron cuatro parcelas experimentales para trigo, sembrados en dos fechas diferentes en el jardín hidráulico de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro ubicada en las coordenadas geográficas 25°21'15.34"N y 101°2'9.43"O con una altitud de 1769 msnm en la Calzada Antonio Narro #1923 Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Figura 6. Ubicación del experimento.



3.1.1. Clima

El clima predominante en Saltillo, Coahuila, de acuerdo a la clasificación de KOPPEN es muy seco, BW hw (x") (e); semicálido, con invierno fresco, extremoso, con lluvias en verano, y una precipitación invernal superior al 10% del total anual. La precipitación total anual media 350-400 mm; régimen de lluvias: la temporada lluviosa es de junio a octubre. El mes con lluvias más abundante es julio y marzo es el mes más seco y una precipitación invernal superior al 10% del total anual (UAAAN, 2011), evaporación promedio anual de 2145.5 mm, (CONAGUA 1981-2010).

3.1.2. Suelo

El suelo es de origen aluvial, de textura migajón y migajón arcilloso, con bajos contenidos de materia orgánica y poseen una capa subyacente de carbonato de calcio, (UAAAN, 2011).

3.2. Metodología

Para este experimento se usaron medidas directas que se tienen en cuenta para el análisis de crecimiento de las plantas que son la masa seca y la masa en fresco. Mientras que para el área foliar, se obtuvo con la medida de la superficie de las hojas fotosintéticamente activas con un método indirecto que permitió estimar el área foliar a partir de la medida directa de las dimensiones de la hoja (especialmente el largo y el ancho). Se determina una relación entre el área de la hoja y las dimensiones de la misma (Barrera J., 1981).

$$AF = \left(\sum_{i=1}^n (L * A) \right) * 0.7$$

Donde:

L= Largo de la hoja

A= ancho de la hoja

n= No de hojas de la planta

AF= área foliar en cm²

3.2.1. Establecimiento del experimento

En la preparación del terreno se realizó lo siguiente:

- Barbecho
- Paso de rastra
- Siembra (Para este experimento se sembró trigo variedad Júpare (que pertenece en este caso a un trigo duro para la elaboración de pastas), en dos fechas diferentes en cuatro parcelas), cada parcela con 5 repeticiones:

- 1) **Fecha 1:** Para los tratamientos 3 y 4 corresponden a las parcelas 6 y 7 respectivamente del jardín hidráulico y se sembró el día 1 de diciembre del 2014, se sembró trigo variedad Júpare en las parcelas 6 y 7, con una densidad de siembra de 140 kg/ha, cada parcela con una dimensión de 30*10 m (se calibró la

sembradora a 5 metros lineales tirando aproximadamente entre 53 y 58 gramos de semilla).

- 2) **Fecha 2:** Para los tratamientos 1 y 2 corresponden a las parcelas 2 y 3 respectivamente del jardín hidráulico y se sembró el día 19 de enero del 2015, se sembró trigo variedad Júpare en las parcelas 2 y 3, con una densidad de siembra de 140 kg/ha, cada parcela con una dimensión de 30*10 m (se calibró la sembradora a 5 metros lineales tirando aproximadamente entre 53 y 58 gramos de semilla).

3.2.2. Riego

El riego se estableció mediante un sistema de riego por aspersión para las cuatro parcelas, sin embargo para cada fecha se le aplicó un régimen de riego de 80% y otro del 100%.

Para aplicarle el riego a las parcelas se realizaron muestreos de contenido de humedad, donde se efectuaron 6 muestreos, para las parcelas 2 y 3, para las parcelas 6 y 7 fueron 11 muestreos con 5 estratos de 20 cm cada uno, posteriormente el suelo se colocó en botes (los botes se pesaron en el laboratorio antes de colocarles el suelo), después de haber terminado con las muestras, los botes se llevan nuevamente al laboratorio para ser pesados, con esos datos calculamos la lámina de riego para cada parcela.

- **Parcela 2 y 3:** Se aplicaron 6 riegos en la parcela número 2 (tratamiento 1) con un régimen de riego al 80 % con relación a la parcela 3 (tratamiento 2) con un 100 %.

Cuadro 6. Fechas de riego del tratamiento 1 y 2.

Fechas de riego	Láminas de riego	
	Parcela 2	Parcela 3
21 de enero de 2015	(1.62 Lr) 16.2 mm = 1.6 cm	(1.57 Lr) 15.7 mm = 1.5 cm
27 de enero de 2015	(2.16 Lr) 21.6 mm = 2 cm	(2.10 Lr) 21 mm = 2 cm
18 de febrero de 2015	(4.33 Lr) 43.3 mm = 4 cm	(5.26 Lr) 52.6 mm = 5 cm
16 de abril de 2015	(3.24 Lr) 32.4 mm = 3 cm	(3.15 Lr) 31.5 mm = 3 cm
24 de abril de 2015	(2.16 Lr) 21.6 mm = 2 cm	-----
27 de abril de 2015	-----	(3.15 Lr) 31.5 mm = 3 cm
28 de abril de 2015	(3.24 Lr) 32.4mm = 3 cm	-----
29 de abril de 2015	-----	(5.27 Lr) 52.7 mm = 5 cm

Lamina de riego (cm/hora) 1 cm = 10 mm.

- **Parcela 6 y 7:** Para la parcela 6 (tratamiento 3) se le aplicó 11 riegos con un régimen de riego al 100%, mientras que el régimen de riego de la parcela 7 (tratamiento 4) es de un 80%, con 8 riegos.

Cuadro 7. Fechas de riego del tratamiento 3 y 4

Fechas de riegos	Láminas de riego	
	Parcela 6	Parcela 7
15 diciembre de 2014	(5.45 Lr) 54.5 mm = 5.4 cm	(4.81 Lr) 48.1 mm = 4.5 cm
17 diciembre de 2014	(5.45 Lr) 54.5 mm = 5.4 cm	(4.81 Lr) 48.1 mm = 4.5 cm
* 20-21 enero de 2015	(3.63 Lr) 36.3 mm = 3 cm	(2.67 Lr) 26.7 mm = 2.5 cm
26 febrero de 2015	(2.42 Lr) 24.2 mm = 2 cm	-----
27 marzo de 2015	(4.23 Lr) 42.3 mm = 4.2 cm	(3.74 Lr) 37.4 mm = 3.5 cm
9 y 10 abril de 2015	(4.23 Lr) 42.3 mm = 4.2 cm	(3.74 Lr) 37.4 mm = 3.5 cm
13 y 14 de abril de 2015	(3.63 Lr) 36.3 mm = 3 cm	(3.21 Lr) 32.1 mm = 3 cm
23 de abril de 2015	(1.21 Lr) 12.1 mm = 1 cm	(1.07 Lr) 10.7 mm = 1 cm
24 de abril de 2015	(1.21 Lr) 12.1 mm = 1 cm	-----
28 de abril de 2015	(1.21 Lr) 12.1 mm = 1 cm	(1.07 Lr) 10.7 mm = 1 cm
29 de abril de 2015	(1.21 Lr) 12.1 mm = 1 cm	-----

*En esta fecha se aplicó el complemento de la fertilización y posteriormente se aplicó el riego (63 gramos de N y P por cada 5 metros lineales). Lámina de riego (cm/hora) 1 cm = 10 mm.

3.2.3. Fertilización

- **Parcela 2 y 3:** La primera aplicación fue 3 días antes de la siembra, el día 16 de enero del 2015 se le aplicó la fórmula: 170-90-00, en líneas separadas a 30 cm, y (63 gr por cada 5 metros lineales ó 1.5 m² de N y P), 86 kg/ha de nitrógeno y 88 kg/ha de Fósforo. Nota: Hubo solo una aplicación de fertilizante.
- **Parcela 6 y 7:** La fertilización fue en líneas separadas a 30 cm, el día 28 de noviembre del 2014, 4 días antes de la siembra con la fórmula: 170-90-00 primera aplicación (73 gr por cada 5 metros lineal ó 1.5 m² de N y P) equivalente a 100 kg/ha de nitrógeno y potasio. El 21 de enero se realizó la segunda aplicación: 63 gr por cada 5 metros lineales que es igual a 86 kg/ha de N.

3.2.4. Cosecha

El 5 de junio se hizo la cosecha de las parcelas 2 y 3 (tratamientos 1 y 2). En la parcela 6 y 7 se realizó el día 25 de mayo del 2015 para la (tratamiento 3 y 4 respectivamente).

La cosecha del trigo fue manual, primero cortamos las repeticiones por separado, los amarramos con una rafia y las colocamos en bolsas grandes de papel ya etiquetados, para después almacenarlas.

3.3. Parámetros del crecimiento evaluados

- **Número de hojas:** Obtuvimos esta variable contando el número de hojas por plantas (tomando en cuenta todos los tallos de la planta).
- **Peso seco de tallos, hojas y materia seca total o parcial:** La proporción de materia seca cambia a medida que el cultivo atraviesa sus distintos estadios fenológicos de crecimiento (Bänziger *et al.* 2016). Para la obtención de estas variables fue necesario colocar los tallos y hojas por separado en bolsas de papel dentro de un horno de secado a 60°C por 24 horas, y para sacar la materia seca total o parcial se sumaron los pesos secos de hojas, tallos y espigas a la misma temperatura, por el mismo tiempo.
- **Índice de área foliar (IAF):** es el parámetro básico que relaciona la radiación que intercepta un cultivo con la radiación total incidente es el índice de área foliar (H. Víctor y María del C. Lallana, 2002). Para calcular este valor fue necesario utilizar el método indirecto de área folia a partir de las medidas de la hoja (Largo x ancho x 0.7), Cogliatti *et al.* en 2010 nos expresa que este coeficiente se puede estimar, con mucha precisión, multiplicando el producto del largo y el ancho máximo (LxA) por un coeficiente de cálculo de 0.65 (0.7), en distintas variedades y densidades de siembra de trigo.
- **Rendimiento:** El rendimiento es la relación de producción total cosechado por toneladas por hectárea. Obtuvimos estos datos en el momento de la cosecha, colocamos las repeticiones en bolsas grandes y posteriormente contamos y pesamos el número de granos por espigas y pesamos los granos (las líneas de cada repetición fueron de 5 m lineales y la separación entre surco de 30 cm equivalente a 1.5 m², cada tratamiento con 5 repeticiones), a esos datos los convertimos a Kg/ha.

IV. RESULTADOS

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias con el método de tukey mostraron para las variables, Número de hojas (NH), Materia seca total o parcial (MST) e Índice de área foliar (IAF), diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos durante las etapas de ané debate (cuadro 8). Sin embargo, los resultados del ANVA para las variables, Peso seco de tallo (PST), Peso seco de hojas (PSH) y rendimiento de granos (RG), entre tratamientos en la etapa de ané debate no mostraron diferencias significativas ($p \geq 0.05$).

A continuación se presentan los resultados estadísticos (ANVA) de las siguientes variables, Número de hojas (NH), Peso seco de tallo (PST), Peso seco de hojas (PSH), Materia seca total (MST) e Índice de área foliar (IAF), Cuadro 8.

Cuadro 8. ANVA para las variables número de hojas (NH), Peso seco de tallo (PST), Peso seco de hojas (PSH), Materia seca total (MST), Índice de área foliar (IAF) y rendimiento de granos (RG) por Tukey.

NH					
	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamiento	3	776.2	258.733	9.2185	0.002 **
Bloques	4	141.2	35.3	1.2577	0.339
Error	12	336.8	28.067		
Error total	19				
Coeficiente de variación (CV) = 26.09753					
**Nivel de significancia (p<0.05)					
PST					
	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamiento	3	3648107	1216036	3.3364	0.056 NS
Bloques	4	3723803	930951	2.5542	0.093 NS
Error	12	4373664	364472		
Error total	19				
Coeficiente de variación (CV) = 42.63224					
NS=No significativo					
PSH					
	GL	SC	CM	F	Pr (<F)
Tratamiento	3	275505	91835	3.49	0.05 * NS
Bloques	4	166952	41738	1.59	0.24
Error	12	314937	26245		
Error total	19				
Coeficiente de variación (CV) = 26.68901					
*=Nivel de significancia (p=0.05)					

MST					
	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamiento	3	1.95E+10	6509561867	177.12	0.003 **
Bloques	4	6.88E+07	17209871	0.47	0.76
Error	12	4.41E+08	36752490		
Error total	19				
Coeficiente de variación (CV) = 20.3365 **=Nivel de significancia (p<0.05)					
IAF					
	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamiento	3	60.853	20.2843	42.158	0.00**
Bloques	4	1.66	0.4151	0.8626	0.51
Error	12	5.774	0.4811		
Error total	19				
Coeficiente de variación (CV) = 19.85825 **=Nivel de significancia (p<0.05)					
RG					
	GL	SC	CM	F	Pr (>F)
Tratamiento	3	7520579	2506860	2.5344	0.1061 NS
Bloques	4	2979263	744816	0.753	0.575
Error	12	11869735	989145		
Error total	19				
Coeficiente de variación (CV) = 22.00008 No significativo = NS					

4.1. Número de hojas (NH)

El análisis de varianza y la prueba de media tukey ($p \leq 0.05$) mostraron diferencia significativas ($p < 0.05$) en NH, en el T314 (corresponde a un régimen de riego del 100%) y el T414 (corresponde a un riego del 80%), ambos tratamientos fueron sembrados en la primera fecha (01 de diciembre 2014) presentaron mayor NH de 25.6 y 27.2 respectivamente, siguiéndoles los tratamientos T215 y T115 en menor valor numérico (cuadro 9). Lo anterior, nos dice que hubo efecto de tratamientos en cuanto al número de riegos y fecha de siembra. La planta al tener mayor número de hojas, aprovecha mejor la radiación fotosintéticamente activa, que es usado por las plantas para realizar la fotosíntesis y es importante para sacar el área foliar, posteriormente el Índice de Área Foliar, también para calcular la superficie fotosintéticamente activas. Los resultados obtenidos fueron similares a los reportados por Villar R. *et al.*, (2008) cuando menciona que la proporción de biomasa distribuida en la planta, las tasas de fotosíntesis y respiración, o la composición química de la hoja intervienen en el crecimiento de la misma.

4.2. Peso seco de tallos (PST)

El análisis de varianza de PST no mostró diferencia significativas, ($p > 0.05$), la prueba de medias indica lo mismo, estadísticamente fueron iguales, por otro el tratamiento con mayor peso seco se tallos es el T215 y el T215 con valores de 2029 kg/ha y 1602 kg/ha respectivamente seguidos el T314 y T414 durante la etapa de anthesis del trigo. El T115 (corresponde a un régimen de riego del 80%) y el T215 (corresponde a un riego del 100%), ambos tratamientos fueron sembrados en la segunda fecha (19 de enero del 2015), T314 (corresponde a un régimen de riego del 100%) y el T414 (corresponde a un riego del 80%), ambos tratamientos fueron sembrados en la segunda fecha (01 de diciembre 2014). El pesos secos de los tallos reflejan a nivel fisiológico, los cambios bioquímicos que se manifiestan, como un aumento irreversible en el tamaño de los organismos que podría denominarse como el

componente que explica el crecimiento del cultivo, debido a que representa el aumento en número de órganos en la planta (Castro, 2015).

Por lo que se puede decir que no afectó el número de riegos, ni la fecha de siembra en las parcelas, y estadísticamente todas reaccionaron de la misma manera.

4.3. Peso seco de hojas (PSH)

En la etapa de la antesis, el análisis de varianza de peso seco de hojas (PSH) nos mostró que no se obtuvo diferencias significativas ($p > 0.05$), la prueba de medias nos expresó lo mismo, los tratamientos adquieren valores estadísticamente iguales para el peso seco de hojas del trigo (el T115 (corresponde a un régimen de riego del 80%) y el T215 (corresponde a un riego del 100%), ambos tratamientos fueron sembrados en la primera fecha (01 de diciembre del 2014), T314 (corresponde a un régimen de riego del 100%) y el T414 (corresponde a un riego del 80%), ambos tratamientos fueron sembrados en la segunda fecha (19 enero 2015)), (cuadro 9). Al haber mayor peso seco de hojas nos indica que en las plantas hubo un buen desarrollo y hubo mayor número de biomasa, lo que a nosotros nos conviene ya que tendremos más área foliar y buena eficiencia fotosintética (Soplín *et al.*, 2007), señala que el crecimiento de biomasa en un área cultivada depende del desarrollo de su área foliar.

4.4. Materia seca total o parcial (MST)

Para esta variable (MST) el análisis de varianza mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) mientras que en análisis de comparación de medias muestra que el tratamiento el T215 (corresponde a un riego del 100%) sembrado en la segunda fecha (19 de enero del 2014), es donde obtenemos 83820 kg/ha, mientras que los tratamientos T115, T314 y T414, no muestran diferencias significativas ya que son valores menores al T215, por lo que podemos decir que sí afectó para esta variable el régimen de riego y la fecha de siembra. Esta variable nos ayuda a observar el rendimiento en el uso de energía de

origen vegetal. Los autores Soto y Jahn (2015) señalan que el incremento de materia seca se debe a la transferencia de productos fotosintéticos.

4.5. Índice de área foliar (IAF)

El análisis de varianza de IAF mostró diferencias significativas ($p < 0.05$), así mismo la prueba de media indicó que los tratamientos T314 (corresponde a un régimen de riego del 100%) y el T414 (corresponde a un riego del 80%) aventajaran esta variable numéricamente (IAF) con valores de 4.9 y 5.5 respectivamente, siguiéndoles los valores de los tratamientos T115 y T215 en menos valor numérico. Lo anterior es el reflejo del efecto de los tratamientos de láminas de riego.

El IAF es un indicador de crecimiento en los cultivos por lo que varía a lo largo del ciclo del cultivo y con las condiciones ambientales. Barrera *et al.* (2015) menciona que en las etapas de las especies anuales la planta produce biomasa de manera eficiente y sostenida en respuesta a la capacidad fotosintética que depende del IAF.

4.6. Rendimiento de granos (RG)

El análisis de varianza rendimiento de granos (RG), no mostró diferencias significativas, ($p > 0.05$), la prueba de medias nos indica lo mismo, mostró el tratamiento con mayor rendimiento que es el T215 y el T115 con valores de 5171 kg/ha y 4957 kg/ha respectivamente, seguido del T314 y del tratamiento T414, durante la etapa de antesis del trigo. El T115 (corresponde a un régimen de riego del 80%) y el T215 (corresponde a un riego del 100%), ambos tratamientos fueron sembrados en la segunda fecha (19 de enero del 2015), T314 (corresponde a un régimen de riego del 100%) y el T414 (corresponde a un riego del 80%), ambos tratamientos fueron sembrados en la segunda fecha (01 de diciembre 2014). El rendimiento es determinado por la cantidad de biomasa que acumula durante su crecimiento de la planta. El consumo de agua de los cultivos está directamente influenciado por las condiciones ambientales que se dan en cada campaña. Entre las variables que más influyen están la temperatura, radiación solar,

humedad relativa y viento, por lo que influye en el rendimiento de los cultivos (Marozzi, 2005).

Por lo que se puede decir que los tratamientos no fueron afectados por el déficit hídrico, ni por las fechas de siembra para esta variable.

Cuadro 9. Valores promedio de No. De hojas (NH), peso seco de tallos, (PST), peso seco de hojas (PSH), materia seca total (MST), Índice de área foliar (IAF) y rendimiento de grano (RG) para los cuatro tratamientos de trigo variedad Júpare con diferentes láminas de riego en la etapa de la antesis.

Variables evaluadas en la antesis							
DDS	TRAT	NH	PST	PSH	MST	IAF	REND
100	T115	12.6 c	1602 a	445.2 a	14800 b	1.46 b	4957 a
	T215	15.8 bc	2029 a	546 a	83820 a	2.094 b	5171 a
130	T314	25.6 ab	1030 a	704.6 a	11430 b	4.9 a	4366 a
	T414	27.2 a	1003 a	732.2 a	9182 b	5.518 a	3589 a

El análisis de varianza de las variables No. De hojas (NH), peso seco de tallos, (PST), peso seco de hojas (PSH), materia seca total (MST), Índice de área foliar (IAF) y rendimiento de grano (RG), la prueba de medias se realizó con el método Tukey, medias con la misma letra son estadísticamente iguales, los datos presentados son promedios de las repeticiones de los tratamientos.

V. CONCLUSIONES

Las diferentes láminas de riego tomaron un papel significativo, debido a que causa efectos importantes en las plantas como por ejemplo el desarrollo, crecimiento y rendimiento del cultivo, principalmente, ya que al haber un déficit hídrico afecta el llenado de granos, lo que provocaría mala calidad, y poca cosecha. Por lo que es necesario aplicar riegos en las etapas adecuadas para poder obtener mayor rendimiento y aplicar menor número de riegos para así optimizar el ahorro de este elemento tan importante en la vida de todos los seres vivos.

VI. FUENTES CONSULTADAS

- Arias, A. C.** (1941). El trigo en México. México: Banco Nacional de Crédito Agrícola S. A.
- Acevedo V. R.** (2011). Manual de recomendaciones, cultivo de trigo. Chile: fundación chile
- UAAAN.** (2011). campos experimentales. Buenavista, Saltillo, Coahuila.
- David B. Parsons M., J. R.** (1978). Trigo, Cebada, Avena. México: DGETA. México, A. d. (2016). Trigo GM
- Soldano, O. R.** (1978). El trigo. Bueno Aires: Albatros
- Obregón, B. C.** (1963.). Cereales. Saltillo, Coahuila, México.
- .
- Vera, L. V.** (2011). Cultivo de trigo. En L. V. Vera, Cultivo de trigo (pág. 157). Ministerio de agricultura y ganadería.
- Santos C. M., M. S.** (2010). Análisis de crecimiento y relacion fuente-demanda de cuatro variedades de papa (*solanum tuberosum L.*) en el municipio de Zipaquirá Colombia. Facultad nacional agricola de Medellín, págs: 1, 5-9.
- Howard M. Rawson, H. G.** (2001). Trigo regado. FAO.
- Jaime Barrera, D. S.** (1981). Análisis de crecieminto en plantas. Colombia.

- Lugo, A. B.** (2002). Guía para producir trigo en plano en los valles de Mexicali, y San Luis Potosí R.C., Sonora. *INIFAP-PRODUCE, CIR Noreste SAGARPA*, 8-9.
- H. Victor L., Lallana M. del C.** (2002) Unidad Temática 7: Crecimiento. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Entre Ríos. FCA-UNER Págs.: 1-21.
- FIRA** (2015) Panorama Agroalimentario, Trigo, Dirección de investigación y evaluación económica y sectorial. Trigo. Págs. 17-31.
- SAGARPA** (2014). Panorama del trigo. México D. F.
- Ramos Gamiño, F.** (2013). Maíz, trigo y arroz. Los cereales que alimentan el mundo. Monterrey: Serna Impresos S. A. de C. V.
- Villaseñor H. E. et. al.** (octubre 2011). Evaluación bajo condiciones de temporal de variedades de trigo macarronero generadas para riego. *SCielo*, 759-764.
- Ledesma Ramírez Lourdes, S. M.** (2012). Análisis GGE BIPLLOT del rendimiento de trigo (*Triticum spp.*) con riego normal y restringido en El Bajío, México. *SCielo*.
- Inzunza Ibarra M. A., Catalán V., Sanchez I., Villa M., Roman A.,** (2010). Modelo de producción de trigo bajo déficit hídrico en dos períodos de crecimiento. *SCielo*.
- CENID RASPA INIFAP.** (noviembre 2010). Modelo de producción de trigo bajo déficit hídrico en dos períodos de crecimiento. *SCielo*.
- Gestión.** (28 de Marzo de 2014). Producción nacional de trigo creció 1.8% entre el 2008 y 2013. *Economía*.

- Cortez Maldonado V.** 2016. Tesis de maestría. UAAAN. Buenavista, Saltillo, Coahuila, Simulación del crecimiento, rendimiento y balance de agua en el suelo en trigo (*Triticum turgidum* L.) variedad Júpare c2001 en relación a condiciones de manejo de agua y fechas de siembra con el modelo CERES de DSSAT.
- Ramírez L. M.** 2015. Tesis de licenciatura. Evaluación de rendimiento de grano y sus componentes en el cultivo de frijol bajo tres regímenes de riego. UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- Moreno R. O., R. C.** (2011). Época de aplicación del primer riego y densidad de plantas en el cultivo de trigo. *Biotecnia*, 32-41.
- AgroSintesis.** (2010). Métodos de riego en trigo.
- Bautista Redondo Dulce M.** 2016. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila, Centro de investigación de Química Aplicada (CIQA).
- Castro González Pablo.** 2015. Tesis de Licenciatura. UABCS. La Paz, Baja California Sur. Universidad Autónoma de Baja California Sur.
- Villar R, R. J.** (2008). Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos fundamentales e implicaciones ecológicas. En *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (págs. 193-230). Madrid: EGRAF, S. A
- Banzinger, M., Edmeades, G. O., Bolaños, J.** (2016). Relación entre el peso fresco y el peso seco del rastrojo de maíz en diferentes estados fenológicos del cultivo. *agronomía mesoamericana*, 20-25.
- Hernández, M. J., González, L. Y., Hernández, G. B.,** (2015). Espaciado entre plantas y número de hojas en el tabaco negro tapado, efectos en el crecimiento y desarrollo. *REDALYC*, 116-121.

Cogliatti, D.H., Cataldi, M.F., & Iglesias, F.. (2010). Estimación del área de las hojas en plantas de trigo bajo diferentes tipos de estrés abiótico. *Agrociencia*, 27(1), 43-53. Recuperado en 08 de mayo de 2017, de http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1668-298X2010000100006&lng=es&tlng=es.

Paquini Rodríguez, Sara L., Benítez-Riquelme, Ignacio, Villaseñor Mir, Héctor E., Muñoz-Orozco, Abel, & Vaquera-Huerta, Humberto. (2016). Incremento en el rendimiento y sus componentes bajo riego normal y restringido de variedades mexicanas de trigo. *Revista fitotecnia mexicana*, 39(4), 367-378. Recuperado en 08 de mayo de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802016000400367&lng=es&tlng=es.

CONAGUA, 15 de enero del 2017. Servicio Meteorológico Nacional http://smn1.conagua.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=169&tmpl=component

Lugo, A. B. (Febrero de 2002). Guía para producir trigo. Obtenido de [oeidrus.bc.gob](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Paquetes/trigo.pdf) en: <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/sispro/trigobc/Produccion/Paquetes/trigo.pdf>

CANIMOLT. 2005 El trigo en México. <http://www.canimolt.org/trigo/el-trigo-en-mexico>, 16 de enero del 2017.

Julio M. (2010). Trigo, <http://es.slideshare.net/etnografiaverde/trigo-4955780>, 16 de enero 2017.

Negocios 360. (08 de Junio de 2016). Obtenido de Negocios 360 web site: <http://www.negocios360.mx/la-importancia-del-trigo-mexicano/>.

SAGARPA. (28 de Diciembre de 2016). *gob.mx*. Obtenido de *gob.mx* Web site:
<http://www.gob.mx/sagarpa/prensa/crece-19-por-ciento-rendimiento-en-produccion-de-trigo-en-mexico>.

SAGARPA. (Junio de 2011). *Perspectivas de largo plazo para el sector agropecuario de México 2011-2020*. Obtenido de *sagarpa.gob*:
http://www.sagarpa.gob.mx/agronegocios/Documents/estudios_economicos/escenariobase/perspectivalp_11-20.pdf.

Axonas. (18 de junio de 2013). *La clasificacion de trigo según sus características*. Obtenido de *tecgranosysemillas.files*:
<https://tecgranosysemillas.files.wordpress.com/2013/05/la-clasificacic3b3n-del-trigo-segc3ban-sus-caracteristicas-de-calidad.pdf>.

Vega R, G. (agosto de 2009). *Proteínas de la harina de trigo: clasificacion y propiedades funcionales*. Obtenido de *utm web site*:
http://www.utm.mx/edi_anteriores/Temas38/2NOTAS%2038-1.pdf.

SAGARPA. (6 de abril de 2016). *gob. mx*. Obtenido de *gob. mx*:
<http://www.gob.mx/sagarpa/articulos/trigo-grano-fuente-de-pastas-pan-y-galletas?idiom=es>

Bautista, R. J. (2016). *Calidad de la cosecha def trigo en Mexico. Cicio otono-invierno 2005-2006*. Obtenido de *libcatalog.cimmyt.org*:
<http://libcatalog.cimmyt.org/download/cim/89918.pdf>

LINDSAY. (2015). *lindsaysouthamerica*. Obtenido de *lindsaysouthamerica web site*:
http://www.lindsaysouthamerica.com/stuff/contentmgr/files/0/1c4a8973366f5321b3766d3ca18eae0f/pdf/lindsay_spanishla_wheat_bro_0315_web.pdf.

- FAO.** (2008). Cultivos herbáceos. *FAO*. Obtenido de fao.org: <http://www.fao.org/3/a-i2800s/i2800s07.pdf>.
- Juárez Z. N., Bárcenas M. E., Hernandez L. R.** (22 de mayo de 2015). *Udlap*. Obtenido de <http://web.udlap.mx/tsia/files/2015/05/TSIA-81-Juarez-et-al-2014.pdf>
- Bienestar180.** (2010). *Habitos Sanos*. Obtenido de salud 180 site web: <http://www.salud180.com/salud-dia-dia/6-razones-del-por-que-el-gluten-dana-tu-salud>.
- El Economista.** (27 de marzo de 2017). *el economista*. Obtenido de el economista web Site : <http://eleconomista.com.mx/industrias/2012/08/20/mexico-importa-mas-121000-toneladas-maiz-eu>.
- INIFAP.** (Septiembre de 2009). Biblioteca inifap. Obtenido de <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1683/Seminario%20sobre%20tecnologia%20para%20la%20produccion%20de%20trigo.pdf?sequence=1>.
- Prescott J.M., Burnet P. A., Saari E. E. , Rasom J., Bowman J. Bekele G.,** (22 de Junio de 2016). *Enfermedades y plagas del trigo*. Obtenido de cimmyt.org: <http://repository.cimmyt.org/xmlui/bitstream/handle/10883/1110/13397.pdf>.
- Soplín J., Rengifo A. y Chumbe J.** Análisis de crecimiento en *Zea mays L.* y *Arachis hypogaea L.* 11 de diciembre del 2007. http://www.iiap.org.pe/upload/Publicacion/Folia5_articulo12.pdf.
- Soto P. y Jahn E.,** (08 de mayo de 2015). *Inia*. Obtenido de Inia.cl: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/agritec/NR00481.pdf>

Marozzi, D., Debortli, G., Mendez, M., Currie, H. (29 de noviembre de 2005).
Determinación de algunos indicadores de rendimiento en el cultivo de maíz
bajo dos sistemas de riego. Obtenido de unne.edu:
<http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/com2005/5-Agrarias/A-036.pdf>