

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



**Comportamiento del rendimiento en cereales forrajeros  
con tres presentaciones de leonardita**

Por:

**MANUEL ESPINOSA VÁZQUEZ**

**TESIS**

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, Septiembre 2021

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

Comportamiento del rendimiento en cereales forrajeros con tres presentaciones de leonardita

Por:

MANUEL ESPINOSA VÁZQUEZ

TESIS

Que somete a consideración del H. jurado examinador como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

Aprobada por:



Dr. Emilio Rascón Alvarado  
ASESOR PRINCIPAL



MC. Carlos Rojas Peña  
COASESOR



Dr. Luis Samaniego Moreno  
COASESOR



MC. Fidel Maximiano Peña Ramos  
SUPLENTE

  
\_\_\_\_\_  
MC. Sergio Sánchez Martínez  
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. SEPTIEMBRE DEL 2021

## AGRADECIMIENTOS

**A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro** por abrirme las puertas y brindarme las herramientas, conocimientos y enseñanzas requeridos para mi formación académica.

**A mis padres y hermana** los cuales me dieron la oportunidad y apoyo durante toda la carrera. Me motivaron a seguir adelante, además sin ellos este logro no hubiera sido posible.

**A los departamentos de “Riego y Drenaje”** el cual fue el encargado de darle dirección a mi formación académica. Y el **“Departamento de Ciencias del Suelo”** el cual también influyo en mi formación académica pero principalmente a su apoyo para este trabajo de investigación.

**A mis asesores MC Fidel Maximiano Peña Ramos, MC Carlos Rojas Peña, Dr. Luis Samaniego y Dr. Emilio Rascón Alvarado** por sus conocimientos, disposición y colaboración en la presente investigación.

Toda aquella persona que olvide mencionar pero que siempre estuvo apoyándome en todo momento.

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres Dionicio Espinosa Calvo y Juana Vázquez De La Torre.**

Ellos son el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentó en mí las bases de la responsabilidad y deseos de superación, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarlos cada día más.

### **A mi hermana Blanca Guadalupe Espinosa Vázquez**

Tu cariño, apoyo y amistad ha sido fundamental, has estado conmigo en todo este tiempo. Este proyecto no fue fácil, pero estuviste motivándome y ayudándome hasta donde tus alcances lo permitían.

### **A mis hermanitas Esmeralda del C. Espinosa Vázquez e Inés A. Espinosa Vázquez** por todo su cariño, apoyo y amistad.

**A mis abuelos paterno y materno.** Fueron las personas después de mis padres que más se preocuparon por mí. Me enseñaron muchas cosas vitales para la vida, y me encaminaron por un buen sendero.

**A mis familiares y amigos** tíos, tías, primos, primas, amigos de la infancia, amigos actuales y todos los que de alguna estuvieron conmigo ofreciéndome su apoyo y amistad.

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	I
DEDICATORIA .....	II
TABLA DE CONTENIDO .....	III
ÍNDICE DE CUADROS .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VIII
RESUMEN .....	IX
ABSTRAC .....	X
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. OBJETIVOS .....	3
2.1 Objetivo general .....	3
2.2 Objetivo específico .....	3
III. HIPÓTESIS .....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
4.1 Cultivo de la cebada .....	4
4.1.1 Origen .....	4
4.1.2 Importancia .....	4
4.1.3 Taxonomía .....	4
4.1.4 Morfología .....	5
4.1.5 Enfermedades y plagas .....	6
4.1.6 Producción de cebada a nivel mundial .....	8
4.1.7 Producción de cebada a nivel nacional .....	10
4.1.8 Producción de cebada en Coahuila .....	12
4.1.9 Requerimientos edafoclimáticos. ....	13
4.2 Cultivo de trigo .....	15
4.2.1 Origen .....	15
4.2.2 Importancia .....	15
4.2.3 Taxonomía .....	16
4.2.4 Morfología .....	16
4.2.5 Plagas y Enfermedades .....	17
4.2.6 Producción de trigo a nivel mundial .....	19
4.2.7 Producción de trigo a nivel nacional .....	21
	III

4.2.8	Producción de trigo en Coahuila .....	22
4.2.9	Requerimientos edafoclimáticos .....	24
4.3	Cultivo del triticale .....	25
4.3.1	Origen .....	25
4.3.2	Importancia .....	26
4.3.3	Taxonomía .....	26
4.3.4	Morfología .....	27
4.3.5	Plagas y enfermedades .....	30
4.3.6	Producción de triticale a nivel mundial .....	31
4.3.7	Producción de triticale en México .....	32
4.3.8	Producción de triticale en Coahuila.....	34
4.3.9	Requerimientos edafoclimáticos .....	35
V.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	37
5.1	Descripción del área experimental .....	37
5.2	Características edáficas .....	37
5.3	Características climáticas .....	38
5.4	Preparación del área experimental.....	38
5.4.1	Preparación del terreno .....	38
5.4.2	Siembra.....	38
5.4.3	Riego.....	38
5.4.4	Aplicación de los tratamientos .....	39
5.4.5	Fecha de aplicación de los tratamientos .....	39
5.4.6	Diseño experimental .....	40
5.4.7	Croquis del diseño experimental.....	40
5.5	Propiedades físicas y químicas de los tratamientos .....	41
5.5.1	Tratamiento 1 (PELLET) .....	41
5.5.2	Tratamiento 2 (CRISTAL) .....	42
5.5.3	Tratamiento 3 (LIQUIDO).....	43
5.5.4	Tratamiento 4 (CRISTAL + BACTERIA) .....	44
5.5.5	Tratamiento testigo (AGUA).....	44
5.6	Variables evaluadas .....	44
5.6.1	Peso seco de la planta (PSP) .....	44

5.6.2	Número de espigas por planta (NEP) .....	44
5.6.3	Peso seco de la espiga por planta (PSEP) .....	44
5.6.4	Peso seco del grano (PSG) .....	44
5.6.5	Número de granos por espigas (NGE).....	45
5.6.6	Número de granos por planta (NGP) .....	45
5.7	Análisis estadístico .....	45
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	46
VII.	CONCLUSIONES .....	50
VIII.	LITERATURA CITADA .....	51
IX.	ANEXOS.....	56

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 4.1 Área cosechada y producción mundial de cebada 2010 – 2019.....	9
Cuadro 4.2 Rendimiento promedio mundial de cebada 2010 – 2019 .....	9
Cuadro 4.3 Países con mayor producción de cebada en 2019.....	10
Cuadro 4.4 Área sembrada – cosechada y producción de cebada en México 2005 – 2019.....	10
Cuadro 4.5 Rendimiento y precio promedio de cebada en México 2010 – 2019 .....	11
Cuadro 4.6 Estados con mayor producción de cebada en México 2019 .....	11
Cuadro 4.7 Área sembrada – cosechada y producción de cebada en Coahuila 2006 – 2015.....	12
Cuadro 4.8 Rendimiento y precio de promedio de cebada en Coahuila 2006 – 2015.....	13
Cuadro 4.9 Área cosechada y producción mundial de trigo 2010 – 2019.....	19
Cuadro 4.10 Rendimiento promedio mundial del trigo 2010 – 2019 .....	20
Cuadro 4.11 Países con mayor producción de trigo en 2019 .....	20
Cuadro 4.12 Área sembrada – cosechada y producción de trigo en México 2005 – 2019.....	21
Cuadro 4.13 Rendimiento y precio de promedio del trigo en México 2010 – 2019 .....	21
Cuadro 4.14 Estados con mayor producción de trigo 2019 .....	22
Cuadro 4.15 Área sembrada – cosechada y producción de trigo en Coahuila 2010 – 2019.....	23
Cuadro 4.16 Rendimiento y precio promedio del trigo en Coahuila 2010 – 2019 .....	23
Cuadro 4.17 Escala Zadoks para cultivo de trigo.....	25
Cuadro 4.18 Área cosechada y producción mundial del triticale 2010 – 2019..	31
Cuadro 4.19 Rendimiento promedio mundial del triticale 2010 – 2019.....	31
Cuadro 4.20 Países con mayor producción de triticale 2019.....	32
Cuadro 4.21 Área sembrada – cosechada y producción de trigo en México 2005 – 2019.....	32
Cuadro 4.22 Rendimiento y precio promedio del triticale en México 2010 – 2019 .....	33



Cuadro 4.23 Estados con mayor producción de triticales 2019 .....	33
Cuadro 4.24 Área sembrada – cosechada y producción de triticales en Coahuila 1985 – 2010 .....	34
Cuadro 4.25 Rendimiento y precio promedio del triticales en Coahuila 1985 – 2010 .....	34
Cuadro 5.1. Fecha de aplicación de tratamiento.....	39
Cuadro 6.1 Variables promedio de los tres cultivos estudiados con los cinco tratamientos respectivos .....	46
Interacción de Cultivos.....	49
Cuadro 6.2 Rendimiento promedio de tres cultivos de Cereales con aplicación de tratamientos .....	49
Cuadro 9.1 Cuadro procedimiento ANOVA .....	56

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 5.1 Mapa de localización del área experimental, (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) fuente: Google Earth, división política geoportal Conavio. .....	37
Figura 5.2 Diseño experimental en el área de estudio.....	40
Figura 6.1 Peso Seco de Grano (PSG) en el cultivo de Cebada ( <i>Hordeum Vulgare</i> ). .....	47
Figura 6.2 Peso Seco de Grano (PSG) en el cultivo de Triticale ( <i>x Triticosecale Wittmack</i> ). .....	48
Figura 6.3 Peso Seco de Grano (PSG) en el cultivo de Trigo ( <i>Triticum durum</i> ).49	

## RESUMEN

Esta investigación se llevó a cabo con la finalidad de determinar la efectividad de tres presentaciones de leonardita activada en tres cereales distintos (cebada, trigo y triticale) pues se tiene la hipótesis que en las tres presentaciones de leonardita Pellet (tratamiento uno), Cristal (tratamiento dos), Líquido (tratamiento tres), y tratamiento dos más bacterias fijadoras de nitrógeno (tratamiento cuatro) tiene un efecto positivo para aumentar el rendimiento de dichos cultivos.

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro” (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, México; en el periodo comprendido del 07 de diciembre del 2019 al 29 de mayo del 2020. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones. El tamaño del área experimental fue de 484 m<sup>2</sup>, el tamaño de cada bloque fue de 33 m<sup>2</sup> (5 m x 6.6 m, largo por ancho) y se dejó un espacio de 0.5 m entre camas y 1 m entre bloques para facilitar el manejo y cuidado del cultivo.

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias con el método de Tukey mostraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en la interacción de cultivos en relación aplicación de tratamientos, lo que indica que los cuatro tratamientos son útiles para incrementar el rendimiento de grano en los tres cultivos. En el caso de la cebada y trigo el tratamiento tres mostró mejores resultados, obteniendo 5386 kg/ha (cebada) y 3455 kg/ha (trigo); mientras que en el triticale el tratamiento dos mostró mejores resultados 5485 kg/ha, aunque en este caso dichos tratamientos son estadísticamente iguales entre sí.

## ABSTRAC

This research was carried out in order to determine the effectiveness of three presentations of activated leonardite in three different cereals (barley, wheat and triticale) since it is hypothesized that in the three presentations of leonardite Pellet (treatment one), Cristal (treatment two), Liquid (treatment three), and treatment two plus nitrogen-fixing bacteria (treatment four) has a positive effect to increase the yield of said cultures.

The experiment was carried out at the facilities of the "Antonio Narro Autonomous Agrarian University" (UAAAN), Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico; in the period from December 7, 2019 to May 29, 2020. The experimental design was completely randomized with four repetitions. The size of the experimental area was 484 m<sup>2</sup>, the size of each block was 33 m<sup>2</sup> (5 mx 6.6 m, length by width) and a space of 0.5 m between beds and 1 m between blocks was left to facilitate handling and care. of the crop.

The results of the analysis of variance (ANVA) and the test of comparison of means with the Tukey method showed significant differences ( $p \leq 0.05$ ) in the interaction of cultures in relation to the application of treatments, which indicates that the four treatments are useful for increase grain yield in the three crops. In the case of barley and wheat, treatment three showed better results, obtaining 5386 kg / ha (barley) and 3455 kg / ha (wheat); while in the triticale treatment two showed better results 5485 kg / ha, although in this case these treatments are statistically equal to each other.

## I. INTRODUCCIÓN

Desde hace más de 24 siglos, numerosas culturas han estado estrechamente vinculadas con el cultivo y uso de los cereales; por ejemplo, el arroz ha sido el principal alimento para los pueblos del Medio Oriente, mientras que los mijos y sorgos para los países de África y Asia. En Europa, desde las culturas más primitivas hasta las modernas sociedades de la actualidad han dependido tradicionalmente del trigo, centeno y cebada. En el nuevo mundo, el maíz, elemento del primer orden en el desarrollo de las culturas Meso y Sudamericanas, sigue siendo el principal y más abundante alimento para los habitantes de América Latina de acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2013).

En todo el mundo, el cultivo de cereales representa más de 706 millones de hectáreas de cultivos, es decir, casi el 15 % de la superficie mundial y 2 600 millones de toneladas de cereales. Francia es uno de los mayores exportadores de cereales del mundo, que cultiva 11 millones de hectáreas de tierra, es decir, la mitad de las tierras cultivables del territorio. En el mundo, los mayores productores son China, India y Estados Unidos como considera SIAP (2013).

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), México produce cerca de 900 cultivos, de los cuales 12 son considerados estratégicos, entre ellos se encuentran el maíz, el frijol, el trigo, el arroz, y otros granos básicos de nuestra alimentación y cultura. En promedio, de 2004 a 2008 se produjeron más de 85 millones de toneladas de cereales, los cuales representan 38.6% del volumen total de productos agrícolas del país. México produce una gran variedad de cereales de la más alta calidad, actualmente ocupa el tercer lugar en producción de alimentos en Latinoamérica y el décimo segundo en el mundo.

La cebada (*Hordeum vulgare*) es el quinto cereal de mayor producción a nivel mundial según el Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica (INEC, 2010); con el 50% del área y 63% del volumen de producción concentrados en

Europa, donde se produce noventa millones de ton/año, esto con una productividad promedio de 4 ton/ha de acuerdo con Abbassian (2010).

Según cifras del Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP) y la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la producción total mexicana de trigo durante los últimos diez años (1991-2000) fue de 35.7 millones de toneladas, concentrándose cerca del 85% de la producción en los estados de Sonora (35%), Guanajuato (17.5%), Baja California (11.5%), Sinaloa (9.2%), Michoacán (6.4%), y Jalisco (4.4%).

Conforme con el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias de México (INIFAP), el 90% de la producción mexicana de triticale se utiliza para la alimentación animal. A pesar de que la mayoría de la producción de este cereal en el país se destina al sector pecuario, no cuenta con tanta presencia como otros cultivos forrajeros entre los ganaderos.

La leonardita activada consiste en materia orgánica natural que pasa por un proceso de activación para una más rápida liberación, mejora los suelos física y biológicamente, además es producto altamente concentrado de ácidos húmicos y fúlvicos derivados de la leonardita que están caracterizados por ser 99 % solubles. También se considera como materia orgánica de lignito que tiene un alto grado de oxidación, dado que se crea mediante el proceso de humificación que se lleva a cabo en un periodo de 70 millones de años.

Las sustancias húmicas también pueden considerarse bioestimulantes vegetales debido a que exhiben bioactividad sobre las plantas según Barros *et al.* (2010), este fenómeno conduce a la estimulación del crecimiento, un mejor desempeño en suelos con baja fertilidad o bajas condiciones limitantes y una mejor eficiencia metabólica. Se sabe que esta actividad en la fracción de ácidos húmicos genera respuestas semejantes a los efectos hormonales de las auxinas, a través de un incremento en la actividad ATPasa H<sup>+</sup> de la membrana plasmática, induciendo el alargamiento y proliferación celular (Nardi *et al.*, 2016).

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Evaluar el rendimiento en cereales forrajeros con la aplicación de tres presentaciones de leonardita

### **2.2 Objetivo específico**

Comparar la efectividad de tres presentaciones de leonardita; pellet, cristal y líquido en rendimiento de cebada, trigo y triticale a diferentes concentraciones.

## **III. HIPÓTESIS**

Las presentaciones de leonardita tienen efecto positivo en el cultivo de la cebada, trigo y triticale al aumentar el rendimiento.

## IV. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Cultivo de la cebada

#### 4.1.1 Origen

La cebada (*Hordeum vulgare*.) fue una de las primeras especies en ser cultivadas por el ser humano en el inicio de la agricultura. Algunos autores como Santoyo *et al.* (2004) indican que este proceso se dio en dos centros de origen situados en el Sudeste de Asia y África septentrional.

En excavaciones arqueológicas realizadas en el valle del Nilo se descubrieron restos de cebada, en torno a los 15.000 años de antigüedad, además los descubrimientos también indican el uso muy temprano del grano de cebada molido (InfoAgro, 2015).

#### 4.1.2 Importancia

La cebada es un cereal de gran importancia como alimento humano y del ganado; este grano ocupa el quinto lugar como de cultivo en el mundo. En México, de acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER, 2020) la cebada maltera tiene gran importancia socioeconómica, debido a que representa el ingreso de miles de familias que habitan en zonas productoras de los Valles Altos de la mesa central, y como hemos visto, aunque puede comerse en diversos guisos, se le da mayor uso industrial, principalmente para la producción de cerveza.

#### 4.1.3 Taxonomía

La cebada pertenece a la subfamilia *Poideae*, dentro de la familia *Poaceae* e incluye plantas cultivadas y espontáneas. Todos los tipos cultivados se agrupan en una sola especie polimorfa *Hordeum Vulgare* (Mateo, 2005).



Según Hernández (2006), la planta de cebada se ubica taxonómicamente de la siguiente manera.

Reino ..... *Vegetal*  
División..... *Tracheophyta*  
Subdivisión ..... *Pterosidae*  
Clase ..... *Angiospermae*  
Subclase ..... *Monocotiledonea*  
Grupo ..... *Glumiflora*  
Orden ..... *Graminales*  
Familia ..... *Poaceae*  
Género ..... *Hordeum*  
Especie ..... *Vulgare*

#### **4.1.4 Morfología**

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2016) la cebada (*Hordeum vulgare*) es una planta autógama que pertenece a la familia de las gramíneas. Las espiguillas se encuentran unidas al raquis, dispuestas de forma que se recubren unas a otras; las glumas son alargadas y agudas en su vértice y las glumillas están adheridas al grano.

Es una planta de hojas estrechas y de color verde claro; en el punto en que el limbo se separa del tallo, al terminar la zona envainadora de la hoja, se desarrollan dos estipulas que se entrecruzan por delante del tallo y una corta lígula dentada aplicada contra este (SIAP, 2016).

La planta suele tener un color verde más claro que el trigo; las flores poseen tres estambres y un pistilo de dos estigmas (SIAP, 2016).

El fruto es una cariósipide con las glumillas adheridas. El tamaño del grano depende de la influencia del ambiente y sus dimensiones varían de una longitud máxima de 9.5 mm a una mínima de 6 mm; de ancho mide entre 1.5 y 4 mm (SIAP, 2016).

#### **4.1.5 Enfermedades y plagas**

##### **4.1.5.1 Enfermedades**

Roya Parda (*Puccinia anomala*): produce pequeñas pústulas sobre las hojas de color pardo anaranjado y después de color negro, de donde se desprende polvillo del mismo color (Pérez, 2010).

Roya Amarilla (*Puccinia glumarium*): aparece sobre las hojas y vainas; produce pústulas amarillentas dispuestas en líneas paralelas (Pérez, 2010).

Carbón Desnudo (*Ustilago nuda*): ataca a la cebada e incluso sus ataques son más intensos que en el trigo, sobre todo en algunas variedades. La infección tiene lugar cuando se están desarrollando los granos en la espiga. Las esporas del hongo, transportadas por el aire, caen sobre los granos en crecimiento, germinan y penetran en ellos. Estos conservan su apariencia externa completamente normal, pero al sembrarlos la nueva planta que de ellos se origina está completamente invadida por el hongo, apreciándose la invasión en las espigas, quedando reducidas al raquis, cubierto de polvo negro, que se disemina por el aire, propagándose así la enfermedad (Pérez, 2010).

Carbón Vestido (*Ustilago hordei*): se comporta de un modo parecido al tizón del trigo, las espigas atacadas presentan un aspecto externo normal, pero tienen los granos llenos de polvo negro. Cuando los granos infectados se siembran, las esporas que contienen penetran dentro de la plántula, invadiendo las zonas de crecimiento (Pérez, 2010).

Helminthosporiosis de la Cebada (*Helminthosporium gramineus*): a finales de la primavera aparecen en la cebada manchas alargadas en las hojas, en sentido

longitudinal, que se transforman más adelante en estrías de color pardo violáceo, pudiendo quedar la hoja, al romperse estas estrías, como deshilachadas. A veces, si el ataque es fuerte, puede detener el crecimiento de la planta o impedir el espigado total de ella, quedando las espigas envueltas en las vainas de las hojas o espigando, pero quedando raquílicas. Las espigas atacadas, por tener granos atrofiados, no pesan, por lo que quedan más derechas que las normales y con las barbas más separadas de lo normal. La infección temprana puede disminuir en más de un 20% el rendimiento (Pérez, 2010).

Oídio (*Erisiphe graminis*): la máxima producción de conidias ocurre a 20°C y 100% de humedad relativa. Los síntomas de la enfermedad se manifiestan con manchas blancas a gris pálido en hojas, vainas y glumas. Seguidamente las manchas se hacen más grandes y oscuras, los tejidos se tornan pardos y mueren. Los ataques tempranos y severos pueden reducir el desarrollo radicular, el número de tallos con espiga y el tamaño del grano (Pérez, 2010).

Rincosporiosis (*Rhynchosporium secalis*): produce lesiones características sobre las hojas y las vainas: manchas ovales o rómbicas al principio acuosas y que progresivamente se secan hasta que adquieren un tamaño de 0.5 a 2 cm., y un color gris – blanquecino con un borde normalmente aserrado de color amarillento o gris oscuro a pardo. Este hongo también afecta a los órganos florales. Puede causar daños de hasta el 35 - 40% de pérdida de rendimiento. Reduce el peso del grano, el número de tallos y el número de granos/espiga. Las pérdidas de rendimiento pueden estar correlacionadas con el % de infección de la hoja bandera y de la segunda hoja. Este hongo sobrevive en la paja de cebada, semilla infectada y gramíneas huéspedes. Esta enfermedad está asociada con periodos de humedad de 12 horas o más y de al menos el 90%, y temperaturas no inferiores a 10°C (Pérez, 2010).

Virus del Enanismo Amarillo (BYDV), los síntomas se manifiestan en las hojas, pues estas se tornan amarillentas, engrosadas y rígidas. Se produce un retraso en la formación de las espigas (que se mantienen erguidas y se decoloran). La infección temprana puede disminuir en más de un 20% el rendimiento. Este virus

es transmitido por un gran número de especies de pulgones. Las temperaturas próximas a 20° C favorecen el desarrollo de la enfermedad (Pérez, 2010).

#### **4.1.5.2 Plagas**

Pulgones (*Rhopalosiphum padi*, *Sitobion avenae*, *Schizapis graminum*), producen importantes daños en la cebada, sobre todo el primero de ellos, pues es el principal vector del Virus del Enanismo Amarillo (BYDV) (Pérez, 2010).

Larva del Insecto (*Lema melanopa*), se alimenta del parénquima de las hojas de cebada produciendo aparentes pérdidas de masa fotosintética; sin embargo, su escasa incidencia sobre el rendimiento no justifica tratamientos insecticidas, aunque en algunos países se investiga su control biológico por la incidencia de daños (Pérez, 2010).

Nemátodos (*Heterodera avenae*), los nemátodos también perjudican los cultivos de la cebada, sobre todo en años de otoños poco lluviosos. Los síntomas del ataque de nemátodos se presentan en zonas concretas de las parcelas infectadas formando rodales en los que las plantas se desarrollan con mucha dificultad, enanizándose y amarilleando; si no mueren en esta fase, ahíjan muy poco y producen espigas pequeñas y deformadas (Pérez, 2010).

#### **4.1.6 Producción de cebada a nivel mundial**

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, 2021), indicó la producción y área cosechada de cebada a nivel mundial en el año 2010 al 2019.

**Cuadro 4.1 Área cosechada y producción mundial de cebada 2010 – 2019**

<b>Año</b>	<b>Producción (ton)</b>	<b>Área cosechada (ha)</b>
2010	125,437,432	48,164,974
2011	134,514,704	49,124,812
2012	134,030,076	50,546,368
2013	145,380,934	50,487,147
2014	147,109,441	50,412,362
2015	149,598,419	50,285,021
2016	147,189,701	48,726,489
2017	149,564,078	48,208,047
2018	140,699,807	48,290,764
2019	159,879,610	51,409,869

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, 2021), indicó el rendimiento promedio a nivel mundial de la cebada en el año 2010 al 2019. Estos rendimientos son estimados a partir de los datos de rendimiento promedio de todos los países.

**Cuadro 4.2 Rendimiento promedio mundial de cebada 2010 – 2019**

<b>Año</b>	<b>Rendimiento (ton/ha)</b>
2010	2.78
2011	2.84
2012	2.85
2013	2.98
2014	3.05
2015	3.14
2016	3.10
2017	3.15
2018	2.92
2019	3.25

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAO/STAT, 2021), indicó los diez primeros países con mayor producción de cebada a nivel mundial en 2019.

**Cuadro 4.3 Países con mayor producción de cebada en 2019**

Orden	País	Producción (ton)
1	Federación de Rusia	20,489,088
2	Francia	13,565,420
3	Alemania	11,591,500
4	Canadá	10,382,600
5	Ucrania	8,916,780
6	Australia	8,818,946
7	Reino Unido	8,048,000
8	España	7,744,150
9	Turquía	7,600,000
10	Argentina	5,117,247

#### 4.1.7 Producción de cebada a nivel nacional

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el área sembrada, área cosechada y producción que se obtuvo en México en el año 2005 - 2019.

**Cuadro 4.4 Área sembrada – cosechada y producción de cebada en México 2005 – 2019**

Años	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (ton)
2005	332,700	306,093	760,686
2006	322,724	315,432	869,297
2007	300,270	286,354	653,075
2008	322,696	310,770	781,179
2009	329,853	239,056	518,850
2010	308,998	267,668	672,367
2011	334,065	218,344	487,448
2012	335,768	328,191	1,031,533
2013	320,946	296,912	594,437

2014	321,790	313,634	845,707
2015	323,594	314,601	734,832
2016	334,270	329,745	978,349
2017	361,473	354,757	1,008,158
2018	365,685	352,113	1,008,642
2019	366,553	357,994	964,083

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el rendimiento y precio promedio de la cebada en México en el año 2010 al 2019.

**Cuadro 4.5 Rendimiento y precio promedio de cebada en México 2010 – 2019**

Año	Rendimiento (ton/ha)	Precio (MXN)
2010	2.51	2,900
2011	2.23	3,159
2012	3.14	3,641
2013	2.00	3,439
2014	2.70	3,529
2015	2.34	3,715
2016	2.97	4,050
2017	2.84	4,049
2018	2.86	4,181
2019	2.69	4,197

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó los diez estados con mayor producción de cebada en México en el 2019.

**Cuadro 4.6 Estados con mayor producción de cebada en México 2019**

Orden	Estados	Producción (ton)
1	Guanajuato	349,047
2	Hidalgo	200,237
3	Tlaxcala	139,986
4	Puebla	82,698
5	México	71,531

6	Durango	25,470
7	Zacatecas	23,208
8	Querétaro	22,104
9	Michoacán	21,141
10	Jalisco	14,371

#### 4.1.8 Producción de cebada en Coahuila

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó la Superficie sembrada, cosechada y la producción obtenida de cebada en el estado de Coahuila en el periodo 2006 – 2015. Cabe destacar que el 2015 fue el último registro de esta institución.

**Cuadro 4.7 Área sembrada – cosechada y producción de cebada en Coahuila 2006 – 2015**

Año	Superficie sembrada (ha)	Superficie cosechada (ha)	Producción (ton)
2006	1,457	1,457	2,342
2007	1,600	1,600	2,336
2008	1,217	617	529
2009	400	200	160
2010	120	120	137
2011	85	0	0
2012	53	20	11
2013	85	85	75
2014	185	185	194
2015	60	60	180

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el rendimiento y el precio promedio de la cebada en Coahuila siendo el 2015 el último dato registrado por esta institución.



**Cuadro 4.8 Rendimiento y precio de promedio de cebada en Coahuila 2006 – 2015**

<b>Año</b>	<b>Rendimiento promedio (ton/ha)</b>	<b>Precio (MXN)</b>
2006	2.4	1,525
2007	1.5	1,550
2008	1.5	2,500
2009	0.8	1,650
2010	1.1	1,700
2011	0.0	0.00
2012	0.5	2,950
2013	0.9	2,000
2014	1.1	2,150
2015	3.0	3,500

#### **4.1.9 Requerimientos edafoclimáticos.**

##### **4.1.9.1 Temperatura**

Según el Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN, 1989) la cebada es de los cultivos resistentes a las heladas, siendo la etapa más sensible en la floración ha llenado de grano, la temperatura crítica o de daño por heladas es a los -2 °C, la temperatura base o mínima de crecimiento es de 4 °C y el rango de temperatura óptima de crecimiento es de 19 a 26 °C siendo el límite máximo de temperatura de crecimiento de 30 °C.

##### **4.1.9.2 Horas luz**

Los requerimientos de fotoperiodo según la variedad de día largo van de mayor de 14 hrs. y variedad de día neutro entre 10 y 14 hrs. (CIREN, 1989)

#### **4.1.9.3 Suelo**

Para la siembra se prefiere tierras fértiles, pero puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y pedregosos, con tal de que no falte el agua al comienzo de su desarrollo. La cebada es el cereal de mayor tolerancia a la salinidad, en el extracto de saturación del suelo, sin que sea afectado el rendimiento (Pérez, 2015).

Con un pH mínimo tolerado de 5.3, los rangos óptimos son de 6.1 – 7.2 y máximo tolerado de 8.6, además, de un valor tolerado de conductividad eléctrica de 8.2 mmhos/cm y un valor crítico de 18.0 mmhos/cm (CIREN, 1989).

#### **4.1.9.4 Requerimiento hídrico**

La cebada tiene un coeficiente de transpiración superior al trigo, aunque, por ser el ciclo más corto, la cantidad de agua absorbida es algo inferior. La cebada tiene como ventaja que exige más agua al principio de su desarrollo que al final, por lo que es menos frecuente que en el trigo el riesgo de asurado. De ahí que se diga que la cebada es más resistente a la sequía que el trigo, y de hecho así es, a pesar de tener un coeficiente de transpiración más elevado. En el riego de la cebada hay que tener en cuenta que éste favorece el encamado, a lo que la cebada es tan propensa. El riego debe hacerse en la época del encañado, pues una vez espigada se producen daños, a la par que favorece la propagación de la roya (InfoAgro, 2015).

#### **4.1.9.5 Desarrollo de la planta**

De la primera hoja al nivel del suelo depende del vigor de la semilla y de los factores del medio físico como son temperatura, humedad, textura y estructura del suelo, y la profundidad de siembra. En condiciones favorables de humedad, textura y estructura del suelo, la emergencia de las plántulas será más rápida cuanto más elevada sea la temperatura del suelo (Molina, 1989).

La humedad también puede afectar el crecimiento y desarrollo de los órganos de la planta en menor o mayor grado durante su ciclo de vida, dependiendo de la

etapa fenológica en la que la disponibilidad de agua pueda ser limitante; una disminución considerable en la cantidad de lluvia durante la etapa de formación del grano en cebada puede reducir significativamente el rendimiento y la calidad del grano (Ceccarelli, 1991).

## **4.2 Cultivo de trigo**

### **4.2.1 Origen**

El trigo (*Triticum durum*) es una planta no perenne que pertenece a la familia de las gramíneas produce un conjunto de frutos modificado que se fusionan con su sola semilla, en una espiga terminal y puede ser silvestre o cultivada. Su origen data de la civilización mesopotámica, entre los valles de los ríos Tigris y Éufrates en el Medio Oriente. Fueron los egipcios, quienes descubrieron la fermentación del trigo y lo utilizaron en la elaboración de alimentos (Bonjean y Angus, 2001).

Los hallazgos arqueológicos más antiguos del trigo (6800 a 5200 a.C.) provienen del sur de Turquía, Israel, Siria, Irak, Irán y el sur de las montañas del Cáucaso en Georgia. En ese momento, el einkorn, el emmer y la cebada eran los cultivos de cereales básicos en Asia. El trigo solo se cultivaba a nivel regional. (Körber-Grohne, 1988).

### **4.2.2 Importancia**

La producción de trigo grano se divide en trigo común (*Triticum aestivum*) empleado primordialmente en la producción de panes, productos de repostería y harinas, y el trigo duro (*Triticum durum*) también conocido como trigo para pasta, se conoce por su dureza y alto contenido proteico (SAGARPA, 2017).

Es el segundo cereal más importante en la alimentación de los mexicanos, que consumen en promedio 57.4 kg per cápita al año. El trigo constituye 40% del total del gasto de los hogares mexicanos en cereales y proporciona 10% del total de

calorías de la dieta, según datos de la Cámara Nacional de la Industria Molinera de Trigo (Canimolt) (SAGARPA, 2017).

#### 4.2.3 Taxonomía

El trigo se ubica dentro de la siguiente clasificación taxonómica. Según Sánchez (1994)

Reino ..... *Plantae*  
División ..... *Magnoliophyta*  
Clase ..... *Liliopsida*  
Orden ..... *Poales*  
Familia ..... *Poaceae*  
Subfamilia ..... *Pooideae*  
Tribu ..... *Triticeae*  
Género ..... *Triticum L.*  
Especie ..... *Triticum spp.*

#### 4.2.4 Morfología

Raíz: Suelen alcanzar más de un metro de profundidad, situándose la mayoría de ellas en los primeros 25 cm de suelo (Ruiz, 1981).

El crecimiento de las raíces comienza en el periodo de ahijado, estando todas ellas poco ramificadas. El desarrollo de las raíces se considera completo al final del "encañado" (Ruiz, 1981).

En condiciones de secano la densidad de las raíces entre los 30-60 cm de profundidad es mayor, aunque en regadío el crecimiento de las raíces es mayor ya que corresponde a un mayor desarrollo de las plantas (Ruiz, 1981).

Tallo: Es hueco (caña), con 6 nudos. Su altura y solidez determinan la resistencia al encamado (Ruiz, 1981).

Hojas: Las hojas son cintiformes, paralelinervias y terminadas en punta (Ruiz, 1981).

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 (Ruiz, 1981).

Flor: Consta de un pistilo y tres estambres. Está protegida por dos brácteas verdes o glumillas, de la cual la exterior se prolonga en una arista en los trigos barbados (Ruiz, 1981).

Fruto: Es una cariósida con el pericarpio soldado al tegumento seminal. El endosperma contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano. (Ruiz, 1981).

#### **4.2.5 Plagas y Enfermedades**

Roya del trigo (*Puccinia sp.*) Las royas del trigo son enfermedades difundidas en todas las regiones y comúnmente conocidas. Tradicionalmente se considera a la roya como especie heteroica, es decir que necesita la presencia de una planta intermedia, en este caso el agracejo (*Berberis Vulgaris*), para que el parasito pueda completar las distintas fases que componen su ciclo biológico (Alvarado, 1978).

La roya amarilla (*Puccinia striiformis*), por aparecer temprano, afecta fundamentalmente a las hojas, aunque con posterioridad afecta tallos e incluso espigas. En cualquier caso, ocasiona el que el grano sea pequeño, arrugado, de poco peso, etc. Según la intensidad del ataque, estos daños se manifestarán más o menos (Alvarado, 1978).

Oídio del trigo (*Erysiphe graminis*), las hojas atacadas presentan unas manchas verdes rodeadas por zonas amarillentas. En el centro de estas manchas aparece una pelusa que está formada por diversos órganos del hongo. Los ataques se inician en las hojas próximas al suelo y, si las condiciones son favorables, la infección asciende por la planta hasta alcanzar la espiga. Es una enfermedad propia de primaveras húmedas con temperaturas suaves. Sin embargo, no es favorecida por lluvias intensas y prolongadas, pues con ellas se produce un lavado de las conidias y se dificulta su propagación (Alvarado, 1978).

Septoria, es producida por dos especies de hongos: *Septoria tritici* y *Septoria nodorum*. La *Septoria tritici* necesita temperaturas bajas para desarrollarse, por lo que es más propia de invierno. La *Septoria nodorum* requiere temperaturas más elevadas, por lo que su desarrollo es más propio de primavera (Alvarado, 1978).

La *Septoria tritici* ataca fundamentalmente a las hojas y aparece ya en las primeras fases de desarrollo del vegetal, afectando a las primeras hojas. La infección puede acompañar al cereal en su desarrollo, a medida que éste crece, viéndose atacadas las sucesivas hojas e incluso, en casos de fuertes ataques, puede verse afectada la espiga (Alvarado, 1978).

La *Septoria nodorum* ataca a las hojas, produciendo las mismas manchas que la *tritici* pero en ellas no se aprecian los puntos negros. La enfermedad afecta también a los nudos, apareciendo en ellos unos estrangulamientos que adquieren un color marrón más oscuro. Afecta igualmente a las vainas, provocando manchas alargadas de color rojizo, las cuales no llegan a afectar al tallo, a diferencia de la *Cercospora* (Alvarado, 1978).

Mal del pie (*Ophiobolus graminis*). La infección parece producirse muy temprano, desde el estado de plántula, atacando a las raíces y produciendo su pudrición. En algunos casos afecta también al cuello de la planta, cubriéndole de una capa negruzca, siendo éste el síntoma más evidente de la enfermedad, aunque no siempre aparece. Si el ataque es precoz puede llegar a producir la muerte de la planta al desorganizar las raíces existentes (Alvarado, 1978).

Si el ataque es tardío produce un debilitamiento de la planta. En ocasiones, según la gravedad del ataque, aun quedando el cuello afectado, la planta no muere, incluso espiga, pero toma color blanco precozmente, pudiendo llegar a estar vacía o asurada y si se tira de ella, se arranca fácilmente rompiéndose la caña por el cuello (Alvarado, 1978).

*Fusarium* (*Fusarium graminearum*) dentro de estos últimos está el hongo fitopatógeno el cual es el agente causal de la enfermedad conocida como fusariosis o enfermedad de la espiga blanca en cultivos de trigo, provocando pérdidas de éste, lo cual lo ha convertido en uno de los fitopatógenos más preocupantes en la agricultura según Pereyra (2014). Según la intensidad del ataque, puede llegar a producirse una desorganización total del tallo y por consiguiente pérdida de plantas en el espigado, se origina secado precoz de alguna espiguilla o de la parte superior de la espiga (Alvarado, 1978).

#### 4.2.6 Producción de trigo a nivel mundial

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAOSTAT, 2021), indicó el área cosechada y producción obtenida del trigo a nivel mundial del año 2010 al 2019.

**Cuadro 4.9 Área cosechada y producción mundial de trigo 2010 – 2019**

Año	Área Cosechada (ha)	Producción (ton)
2010	239,860,898	755,988,842
2011	244,535,495	814,312,402
2012	242,188,243	794,759,469
2013	242,989,547	832,329,194
2014	243,826,949	854,972,972
2015	248,012,643	874,676,048
2016	243,716,382	881,769,116
2017	242,780,370	906,542,576
2018	238,250,689	864,832,773
2019	239,634,518	899,370,766

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAOSTAT, 2021), indicó el rendimiento promedio del trigo a nivel mundial en el año 2010 al 2019, cabe destacar que este rendimiento se obtiene a partir del promedio de rendimiento obtenido en todos los países en el mundo.

**Cuadro 4.10 Rendimiento promedio mundial del trigo 2010 – 2019**

Año	Rendimiento (ton/ha)
2010	3.03
2011	3.14
2012	3.14
2013	3.25
2014	3.31
2015	3.37
2016	3.26
2017	3.36
2018	3.14
2019	3.34

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAOSTAT, 2021), indicó los diez primeros países productores de trigo en el año 2019.

**Cuadro 4.11 Países con mayor producción de trigo en 2019**

N°	Países	Producción (ton)
1	China	133,601,131
2	China, Continental	133,596,300
3	India	103,596,230
4	Federación de Rusia	74,452,692
5	Estados Unidos de América	52,257,620
6	Francia	40,604,960
7	Canadá	32,347,900
8	Ucrania	28,370,280
9	Pakistán	24,348,983
10	Alemania	23,062,600



#### 4.2.7 Producción de trigo a nivel nacional

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el área sembrada, área cosechada y producción obtenida en México a partir del año 2005 al 2019.

**Cuadro 4.12 Área sembrada – cosechada y producción de trigo en México 2005 – 2019**

Año	Área sembrada (ha)	Área cosechada (ha)	Producción (ton)
2005	654,193.52	634,547.84	3,015,177.23
2006	666,853.67	646,231.42	3,378,116.12
2007	705,678.64	691,679.14	3,515,392.01
2008	845,084.73	828,725.98	4,213,545.91
2009	866,022.51	828,407.78	4,116,161.43
2010	700,585.48	678,553.26	3,676,707.51
2011	714,864.19	662,221.35	3,627,510.83
2012	589,014.88	578,836.38	3,274,336.75
2013	683,044.42	634,240.99	3,357,306.90
2014	713,032.79	706,611.05	3,669,813.71
2015	835,284.33	819,928.09	3,710,706.27
2016	729,121.23	723,559.43	3,862,914.27
2017	661,744.20	661,449.70	3,503,520.87
2018	543,473.66	541,344.66	2,943,445.13
2019	598,233.41	586,543.09	3,244,062.03

El Servicio de información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el rendimiento y precio promedio del trigo en México en el año 2010 al 2019.

**Cuadro 4.13 Rendimiento y precio de promedio del trigo en México 2010 – 2019**

Año	Rendimiento (ton/ha)	Precio (MXN)
2010	5.42	2,864.45
2011	5.48	3,544.98
2012	5.66	3,705.30

2013	5.29	3,545.15
2014	5.19	3,587.95
2015	4.53	3,603.80
2016	5.34	3,765.80
2017	5.30	3,806.89
2018	5.44	4,044.69
2019	5.53	4,108.48

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó los diez estados con mayor producción de trigo en México en el año 2019.

**Cuadro 4.14 Estados con mayor producción de trigo 2019**

Orden	Estado	Producción (ton)
1	Sonora	1,787,175
2	Guanajuato	362,280
3	Baja California	269,396
4	Sinaloa	203,647
5	Michoacán	186,420
6	Jalisco	138,243
7	Chihuahua	80,935
8	Tlaxcala	62,586
9	Nuevo León	50,370
10	Coahuila	23,418

#### 4.2.8 Producción de trigo en Coahuila

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó la producción obtenida de trigo en el estado de Coahuila en el año 2010 al 2019.

**Cuadro 4.15 Área sembrada – cosechada y producción de trigo en Coahuila 2010 – 2019**

<b>Año</b>	<b>Superficie sembrada (ha)</b>	<b>Superficie cosechada (ha)</b>	<b>Producción (ton)</b>
2010	6,678.5	6,607.5	20,264.0
2011	8,237.9	8,048.9	22,390.2
2012	6,650.8	6,646.8	22,549.4
2013	7,477.8	7,359.8	25,086.3
2014	8,276.1	8,276.1	28,578.2
2015	7,942.0	6,182.0	21,257.0
2016	7,387.0	7,387.0	27,498.2
2017	7,419.0	7,419.0	27,311.1
2018	5,333.5	5,303.5	18,830.1
2019	6,115.0	6,115.0	23,418.3

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el rendimiento y precio promedio del trigo en el estado de Coahuila en el año 2010 al 2019.

**Cuadro 4.16 Rendimiento y precio promedio del trigo en Coahuila 2010 – 2019**

<b>Año</b>	<b>Rendimiento (ton/ha)</b>	<b>Precio (MXN)</b>
2010	2.52	2,578
2011	3.14	3,601
2012	3.43	3,157
2013	3.24	3,343
2014	3.10	3,448
2015	3.06	3,631
2016	3.25	3,744
2017	3.05	3,741
2018	2.74	3,750
2019	3.21	3,764

## **4.2.9 Requerimientos edafoclimáticos**

### **4.2.9.1 Temperatura**

Según Centro de Información de Recursos Naturales (CIREN, 1989), el trigo es un cultivo resistente a las heladas, la etapa o parte más sensible es en la etapa de floración ha llenado de grano, con una temperatura crítica o de daño por heladas de -2 °C, la temperatura base o mínima de crecimiento va de 4 – 5 °C, el rango de temperatura óptima de crecimiento es de 18 a 24 °C y el límite máximo de temperatura de crecimiento es de 30 °C, la temperatura mínima de germinación es de 3 °C, la temperatura óptima es de 18 a 24 °C y la temperatura máxima de germinación es de 35 °C

### **4.2.9.2 Horas luz**

El requerimiento de fotoperiodo para variedades de día largo debe ser mayor de 14 horas y las variedades de día neutro son entre 10 y 14 horas (CIREN, 1989).

### **4.2.9.3 Suelo**

Con un pH mínimo tolerado de 3.9, el pH óptimo va de 5.6 a 7.5 y siendo 8.9 como máximo. El trigo requiere de suelo franco, franco limoso, arcillo limoso, arcillo arenoso con un límite leve para texturas muy finas y muy gruesas, con una profundidad óptima de más de 55 cm para suelo suelto y suelo compacto a más de 70 cm (CIREN, 1989).

### **4.2.9.4 Requerimiento hídrico**

Según Sandoval (2018), la precipitación óptima se encuentra alrededor de 750 – 900 mm, un mínimo de 300 mm y máximo de 1200 mm.

### **4.2.9.5 Desarrollo de la planta**

De acuerdo con el Ministerio de Agricultura y Riego (SINAGRI), la duración del ciclo vegetativo del trigo va de 160 a 180 días según la variedad.

**Cuadro 4.17 Escala Zadoks para cultivo de trigo**

<b>Etapa principal</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sub - fase</b>	<b>Etapa principal</b>	<b>Descripción</b>	<b>Sub - fase</b>
0	Germinación	0.0 - 0.9	5	Espigado	5.0 - 5.9
1	Producción de hoja	1.0 - 1.9	6	Antesis	6.0 - 6.09
2	Producción de macollos	2.0 - 2.9	7	Estado lechoso del grano	7.0 - 7.9
3	Producción de nudos TP	3.0 - 3.9	8	Estado pastoso del grano	8.0 - 8.9
4	Vaina engrosada	4.0 - 4.9	9	Madurez	9.0 - 9.9

### **4.3 Cultivo del triticale**

#### **4.3.1 Origen**

El triticale (*X Triticosecale Wittmack*), el cual es el resultado de la cruce de Trigo X Centeno, es un cultivo que reúne un alto potencial de producción de biomasa y grano de un valor nutritivo adecuado, con una mayor tolerancia a factores adversos del medio ambiente como las bajas temperaturas. (Béjar *et al.*, 2004)

En 1875, Wilson informó a la Sociedad Botánica de Edimburgo que había obtenido una planta estéril a partir de un cruzamiento trigo x centeno. Si bien Rimpau produjo el primer triticale fértil en 1888, este cultivo continuó teniendo relativamente poca trascendencia hasta ya avanzados los primeros decenios del siglo XX. (Varughese *et al.*, 1987)

El alemán Rimpau obtuvo el primer triticale fértil en 1888, en una población de cruzamiento de trigo y centeno, en el cual encontró una espiga que tenía 15 granos, 12 de los cuales originaron plantas fértiles, dichas semillas se reprodujeron de generación en generación, con dicha fertilidad genética originando así los primeros triticales verdaderos (Guerrero, 1999).

### 4.3.2 Importancia

El triticale (*X Triticosecale Wittmack*) se utiliza como alimento para el ganado de engorda y leche, por su contenido nutricional en forraje y grano se encuentra dentro de los estándares para considerarlo de alta calidad al cumplir con los parámetros en contenido de fibra neutro detergente, ácido fibra detergente, energía neto de lactancia, digestibilidad de materia seca, gustosidad y proteína cruda, es un cultivo con potencial para reemplazar a otros cereales en la alimentación del ganado (Gelelcha, 2007).

Además de presentar mayor tolerancia a suelos salinos, altas temperaturas y mayor competitividad en ambientes desfavorables que los cultivos tradicionales como, trigo, avena, cebada y rye grass (Hewstone, 1977).

### 4.3.3 Taxonomía

Según Royo (1992) el triticale se encuentra en la siguiente clasificación taxonómica

Reino ..... Plantae  
División ..... Magnoliophyta  
Clase ..... Liliopsida  
Orden ..... Poales  
Familia ..... Poaceae  
Subfamilia ..... Pooideae  
Tribu ..... Triticeae  
Genero ..... *Triticosecale* Wittm  
Especie ... *Triticum Aestivum* L.

El triticale podemos clasificarlo según el tipo de cruzamiento por el cual ha sido, también podemos clasificarlos según el número de cromosomas que poseen y una última clasificación es por la presencia o no de la dotación cromosómica del centeno de manera completa (Royo, 1992)

#### **4.3.4 Morfología**

El triticale (*x Triticosecale Wittmack*) tiene una apariencia intermedia entre el trigo y el centeno. Es más alto y vigoroso que el trigo, sus hojas son más gruesas, más grandes y de mayor longitud, Su espiga es más larga que la del trigo, el grano es alargado, más parecido al grano de centeno que al de trigo (Mergoum *et al.*, 2004).

**Raíz:** La raíz es fibrosa, y se amplían en superficies y profundidades de acuerdo con las condiciones que el suelo tenga, las raíces son superficial, al repetir el cultivo del trigo en la misma área empobrece la zona superficial del suelo del cultivo. Existen dos clases de raíces; las primarias o seminales, y las secundarias o adventicias (Soldano, 1975).

**Tallo:** Es un tallo principal y varios tallos secundarios llamados macollos, los dos tallos, tanto principal como secundario tienen la misma estructura, la formación del tallo principal se origina en el embrión, los macollos se desarrollan en el tallo principal (Soldano, 1975).

El tallo está formado de nudos y entrenudos, en la parte del nudo se encuentran las yemas que dan origen a las hojas y a los macollos, su altura del tallo varia depende de la variedad, entre 0.60 metros a 1.70 metros (Soldano, 1975).

La forma que tienen los entrenudos es abarrilada, lo normal es encontrar en el tallo 6 internudos o internodios, pero sin embargo se encuentran, 5 y 7 entrenudos, haciendo referencia a un mismo tallo. La longitud del entrenudo es variable, el primer internudo es decir el basal es el más corto, sucesivamente la longitud del entrenudo va aumentando a medida que crece la planta, siendo el último el más largo el que sostiene la espiga (Soldano, 1975).

Hoja: La hoja es formada en el nudo con dos partes importantes vaina y lámina, y de dos estructuras lígula y aurículas, la vaina se desarrolla como un tubo hacia arriba que envuelve el entrenudo superior situado encima del nudo en la cual se origina la hoja. La vaina y el entrenudo crecen a la vez, al llegar a la parte superior del entrenudo, es decir, al nudo siguiente del que le ha servido de origen, se abre, se origina la lámina la cual esta se dirige hacia arriba (Soldano, 1975).

Las láminas de las diferentes hojas son alternas, una se dirige hacia la derecha y otra a la izquierda, en el punto de transición entre la vaina y lámina, una prolongación de la epidermis de la primera se trasforma en lígula, es una formación membranosa muy adherida al tallo la función que realiza es la de protección, evita que el agua de lluvia y la del rocío pueda entrar al espacio que media entre vaina y tallo. En ambos lados de la lígula se ven unos apéndices llamados aurícula que en el trigo tiene de 1,5 mm a 2,5 mm de largo (Soldano, 1975).

La lámina adquiere una forma lanceolada, con una nervadura central que la divide en dos partes de ancho desigual, formándolas más ancha o más cortas que las demás. Al inicio la lámina es de una longitud mayor que la vaina, esto ocurre en la etapa de vida del triticale llamado macollaje, los entrenudos son muy cortos el periodo de macollaje sigue el de encañazón, en lo cual se desarrollan los entrenudos haciéndose más largos y con ellos las vainas (Soldano, 1975).

Inflorescencia: La inflorescencia llamada espiga se localiza en la parte superior del tallo principal como en cada macollo, esta inflorescencia es compuesta, consta de un eje llamado raquis, en el cual se insertan las inflorescencias simples llamadas espiguillas, las flores no están aisladas, sino reunidas en una inflorescencia llamada espiguillas, la espiguilla se reúne en una inflorescencia compuesta llamada espiga (Soldano, 1975).

Su flor es hermafrodita, con tres estambres, y dos estilos, cada estilo tiene un plumero que compone un estigma. En el ovario globoso salen los dos estilos que llevan los estigmas, y este conjunto femenino está rodeado por los tres estambres, cada uno está formado por su filamento y su antera (Soldano, 1975).



Espiga tiene un eje central llamado raquis, es articulado, formado de pequeños segmentos llamados artejos. La parte superior del artejo es el muelle o cojín y es aquí en donde se inserta la espiguilla (Soldano, 1995).

La longitud del raquis puede oscilar entre 7 y 10 cm, aunque en algunos casos no pasa de 5 cm y en otros alcanza a 13 cm. Hay de 15 a 20 artejos, aunque algunos casos se llegan hasta a 24 artejos (Soldano, 1995).

Este mismo es el número de espiguillas en cada espiga, puesto que hay una espiguilla en cada artejo, y está dispuesta en forma lateral, o sea, una espiguilla termina en el extremo o punta superior del raquis, esta espiguilla lateral es fértil (Soldano, 1975).

La espiga va formándose en la caña a los 15 o 20 días del nacimiento de la plántula y se va elevando a medida que crece el tallo. La vaina que nace del último nudo del tallo protege a la espiga del principio, se nota como un hinchamiento de esa vaina y finalmente la espiga se muestra al exterior (Soldano, 1975).

Grano: Es un cariopse, un fruto seco indehiescente, la semilla está bien adherida al fruto. Se compone de epicardio, mesocarpio y endocarpio. Tan bien de un embrión o futura planta y albumen o endosperma. Su forma de grano varía entre ovoide, cilíndrica, elipsoide dependiendo de la variedad. Sus dimensiones, la longitud desde 4 mm hasta 12 mm aproximadamente, el grano presenta dos caras una dorsal y la otra ventral. La dorsal es curva y lisa, excepto en un extremo en la parte puntiaguda del grano, se presenta rugosa en una exención en forma de escudo, llamado escudo o escudete, y que es el sitio en el cual se encuentra el embrión (Soldano, 1975).

En el grano encontramos lo siguiente, pericarpio, es delgada constituida a su vez por tres partes, el epicarpio, mesocarpio, y endocarpio; tegumento de la semilla llamado epispermo o testa, que es el sitio en que está el pigmento que da la coloración al grano (Soldano, 1975).

### **4.3.5 Plagas y enfermedades**

Según InfoAgro indica que el cultivo del triticale es bastante resistente o tolerante a sufrir de plagas, enfermedades o fisiopatías. De hecho, apareció como resultado de una mejora genética que pretendía tales fines. Se pretendió conseguir un cereal que se caracteriza por su rusticidad y se obtuvo el conocido triticale. Por tanto, es un cultivo que no sufre muchas afectaciones de este estilo.

#### **4.3.5.1 Plagas**

Pulgón verde pálido (*Metopolophium dirhodum*)

Pulgón verde de la espiga (*Sitobion avenae*)

Pulgón de la avena (*Rhopalosiphum padi*)

Estos áfidos provocan daños indirectos en la planta que resultan de la alimentación llevada a cabo por los mismos y de la transmisión de virus. De todos modos, no provocan pérdidas económicas considerables ya que mediante técnicas de control biológico el problema desaparece fácilmente (InfoAgro, 2015).

#### **4.3.5.2 Enfermedades**

Escaldado (*Rhynchosporium secalis*): Actúa a nivel foliar produciendo manchas. En casos más graves, además del follaje, pueden verse afectadas también las vainas, las glumas e incluso las espigas.

Roya (*Puccinia striiformis* y *Puccinia triticina*): Enfermedad a la que el triticale es prácticamente resistente por lo que con el mismo se encuentra casi erradicada. Es una enfermedad que afecta a las hojas.

*Cladosporium spp.*, *Alternaria spp.*: Provocan manchas en las hojas (InfoAgro, 2015).

#### 4.3.6 Producción de triticale a nivel mundial

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAOSTAT, 2021), indicó el área cosechada y producción a nivel mundial en el año 2010 al 2019.

**Cuadro 4.18 Área cosechada y producción mundial del triticale 2010 – 2019**

Año	Área cosechada (ha)	Producción (ton)
2010	4,203,309	14,089,081
2011	4,097,360	14,176,674
2012	3,839,968	14,150,453
2013	3,997,092	14,899,373
2014	4,323,227	17,366,046
2015	4,465,872	16,700,457
2016	4,307,336	15,731,357
2017	4,055,400	15,406,369
2018	3,836,852	12,807,102
2019	4,018,617	14,509,739

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAOSTAT, 2021), indicó el rendimiento mundial del triticale en el año 2010 al 2019.

**Cuadro 4.19 Rendimiento promedio mundial del triticale 2010 – 2019**

Año	Rendimiento (ton/ha)
2010	3.31
2011	3.53
2012	3.60
2013	3.66
2014	3.93
2015	3.94
2016	3.69
2017	3.78
2018	3.60
2019	3.79

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (FAOSTAT, 2021), indicó los diez primeros países con mayor producción de triticale en el 2019.

**Cuadro 4.20 Países con mayor producción de triticale 2019**

Orden	Países	Producción (ton)
1	Polonia	4,498,200
2	Alemania	2,194,900
3	Francia	1,641,480
4	Belarús	1,310,421
5	España	599,970
6	China	449,306
7	China, Continental	449,306
8	Federación de Rusia	355,883
9	Lituania	347,030
10	Hungría	338,340

#### 4.3.7 Producción de triticale en México

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el área sembrada y cosechada de trigo en México en el año 2005 al 2019.

**Cuadro 4.21 Área sembrada – cosechada y producción de trigo en México 2005 – 2019**

Años	Área sembrada (ha)	Área Cosechada (ha)	Producción (ton)
2005	414	414	1,711
2006	1,078	1,078	4,913
2007	1,170	1,170	5,520
2008	374	374	958
2009	408	408	992
2010	723	723	1,398
2011	245	245	472
2012	405	405	1,132
2013	3,417	3,417	9,966
2014	4,822	4,822	11,645
2015	13,648	13,648	40,123
2016	11,626	11,626	36,381

2017	6,229	6,229	17,135
2018	11,154	11,154	25,403
2019	8,197	8,197	23,039

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el rendimiento promedio en México en el año 2010 al 2019.

**Cuadro 4.22 Rendimiento y precio promedio del triticale en México 2010 – 2019**

Año	Rendimiento (ton/ha)	Precio (MXN)
2010	1.93	3,092
2011	1.93	3,393
2012	2.80	3,790
2013	2.92	3,466
2014	2.42	3,465
2015	2.94	3,376
2016	3.13	3,497
2017	2.75	3,595
2018	2.28	3,821
2019	2.81	3,716

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó los seis estados con mayor producción de triticale, siendo los únicos estados productores en 2019.

**Cuadro 4.23 Estados con mayor producción de triticale 2019**

Orden	Estado	Producción (ton)
1	México	15,441
2	Tlaxcala	6,734
3	Sonora	417
4	San Luis Potosí	248
5	Guanajuato	155
6	Chihuahua	44

#### 4.3.8 Producción de triticale en Coahuila

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el área sembrada, cosechada y la producción del triticale, obtenidos en el estado de Coahuila; debido a que es un cultivo poco común los últimos registros son del año 2010.

**Cuadro 4.24 Área sembrada – cosechada y producción de triticale en Coahuila 1985 – 2010**

Año	Área Sembrado (ha)	Área Cosechado (ha)	Producción (ton)
1985	6	6	16
1986	333	333	535
1987	84	46	71
1988	26	26	62
1989	7	6	6
1990	21	21	61
1992	7	7	25
1996	3	3	3
1999	35	35	74
2010	50	50	137

El Servicio de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON, 2020), indicó el rendimiento y precio promedio en el estado de Coahuila en el año 1985 al 2010. Estos fueron los únicos años registrados en estado Coahuila esto pudiera deberse que, al ser un cultivo poco común, pocas personas siembran este cereal.

**Cuadro 4.25 Rendimiento y precio promedio del triticale en Coahuila 1985 – 2010**

Año	Rendimiento (ton/ha)	Precio (MXN)
1985	2.7	37
1986	1.6	58
1987	1.5	117

1988	2.4	300
1989	1.0	355
1990	2.9	482
1992	3.6	575
1996	1.0	1,950
1999	2.1	1,100
2010	2.7	3,150

---

### **4.3.9 Requerimientos edafoclimáticos**

Es un cultivo que se caracteriza por poseer la rusticidad del centeno por lo que no resulta muy exigente en cuanto a requisitos edafoclimáticos se refiere (InfoAgro, 2015).

#### **4.3.9.1 Temperatura**

El cultivo puede llevarse a cabo tanto en climas subtropicales, moderadamente templados y moderadamente fríos. Los óptimos de temperatura son:

Temperatura óptima de germinación es de 20°C, temperatura óptima de crecimiento es de 10 – 24°C, temperatura mínima de supervivencia es de -10°C y la temperatura máxima de supervivencia es de 33°C (InfoAgro, 2015).

#### **4.3.9.2 Horas luz**

En general se puede considerar al triticale como una planta de día neutro, es decir, sin necesidades específicas en cuanto a la longitud del fotoperiodo (InfoAgro, 2015).

#### **4.3.9.3 Suelo**

El triticale ha demostrado que se adapta bien a suelos ácidos, aunque es cierto que no es un cultivo exigente en cuanto a condiciones edáficas. Prefiere suelos relativamente compactos, es decir, con estructura poco porosa sobre todo a la hora de germinar (InfoAgro, 2015).

#### **4.3.9.4 Riego**

Los momentos más importantes en los que no debe faltar el agua son después de la siembra y durante el macollamiento, encañe y crecimiento del grano. Por lo general, las necesidades hídricas del triticale oscilan en torno a los 400 – 900 mm/año (InfoAgro, 2015).

#### **4.3.9.5 Desarrollo del cultivo**

Es muy importante determinar cuando el grano se encuentra en condiciones óptimas para ser cosechado. Se debe cosechar cuando la humedad de éste se encuentra del 15 – 16 %. Esta humedad indicada que el grano se encuentra en “madurez comercial”. Si la recolección se retrasa, disminuye el porcentaje de humedad y esto favorece el desgrane, el descabezado de espigas e incluso los ataques de insectos (InfoAgro, 2015).



## V. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Descripción del área experimental

Esta investigación se desarrolló dentro de los campos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista Saltillo, Coahuila, México. Con coordenada geográfica latitud  $25.353564^{\circ}$  N longitud  $-101.034783^{\circ}$  O a una altitud de 1773 metros sobre el nivel del mar (Figura 5.1).



**Figura 5.1** Mapa de localización del área experimental, (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) fuente: Google Earth, división política geoportal Conavio.

### 5.2 Características edáficas

El tipo de suelo es Calcisol (36.3%), Leptosol (29.9%), Kastañozem (10.3%), Phaeozem (9.0%), Solonchak (6.9%), Chernozem (2.5%), Regosol (2.5%), No aplicable (1.4%), Luvisol (0.8%), Gypsisol (0.2%) y Cambisol (0.2%) (INEGI 2009).

### **5.3 Características climáticas**

Según la clasificación de Köppen (1900), el clima predominante en el área es el BWhw, el cual es seco y templado con lluvias en verano. La temperatura media anual es de 17.3 °C, temperaturas máximas de 24.3 °C en los meses de junio, julio y agosto y mínimas de hasta -10.4 °C, con heladas regulares durante diciembre y febrero. La precipitación media anual es de 460.7 mm. La humedad relativa media anual es de 64 %.

### **5.4 Preparación del área experimental**

#### **5.4.1 Preparación del terreno**

La preparación del terreno consistió en una labor convencional, eliminación de malas hierbas, barbecho a una profundidad de 30 cm; nivelación y surcado para formación de camas.

#### **5.4.2 Siembra**

La siembra se llevó a cabo en la fecha de 07 de diciembre del 2019, con una profundidad aproximada de 5 cm a una densidad promedio de 300 plantas por cada metro lineal.

#### **5.4.3 Riego**

El riego se llevó a cabo dos veces a la semana, los días sábados y miércoles con un riego de aproximadamente 3 hrs con un sistema de riego por goteo con cintilla de un litro por hora a una separación de 20 cm entre gotero, con estos datos obtenemos que la lámina fue de 4.3 mm/día aproximadamente esto cubre completamente el requerimiento de los cultivos.

#### 5.4.4 Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos aplicados fueron: T1 – tratamiento uno (Pellet), T2 – Tratamiento dos (Cristal), T3 – tratamiento tres (Líquido) y se aplicó un cuarto tratamiento (T4), el cual consiste en el tratamiento dos más bacterias fijadoras de nitrógeno. Las aplicaciones se hicieron una vez por semana a excepción de las bacterias fijadoras de nitrógeno, que se realizó una vez al mes. La dosis que se estuvo aplicando es de 6 g por cada 2 litros por metro cuadrado.

#### 5.4.5 Fecha de aplicación de los tratamientos

**Cuadro 5.1. Fecha de aplicación de tratamiento**

Aplicaciones	Fechas
1	27/12/2019
2	03/01/2020
3	10/01/2020
4	17/01/2020
5	22/01/2020
6	29/01/2020
7	05/02/2020
8	12/02/2020
9	19/02/2020
10	26/02/2020
11	04/03/2020
12	11/03/2020
13	18/03/2020
14	25/03/2020
15	01/04/2020
16	08/04/2020

### 5.4.6 Diseño experimental

El área experimental usada fue de 484 m<sup>2</sup> donde se evaluaron las tres presentaciones de leonardita en trigo, triticale y cebada. El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos. El tamaño de cada bloque experimental fue de 33 m<sup>2</sup> (5 m x 6.6 m, largo por ancho). Se dejó un espacio de 0.5 m entre camas y 1 m entre bloques, para facilitar el manejo y cuidado del cultivo.

### 5.4.7 Croquis del diseño experimental

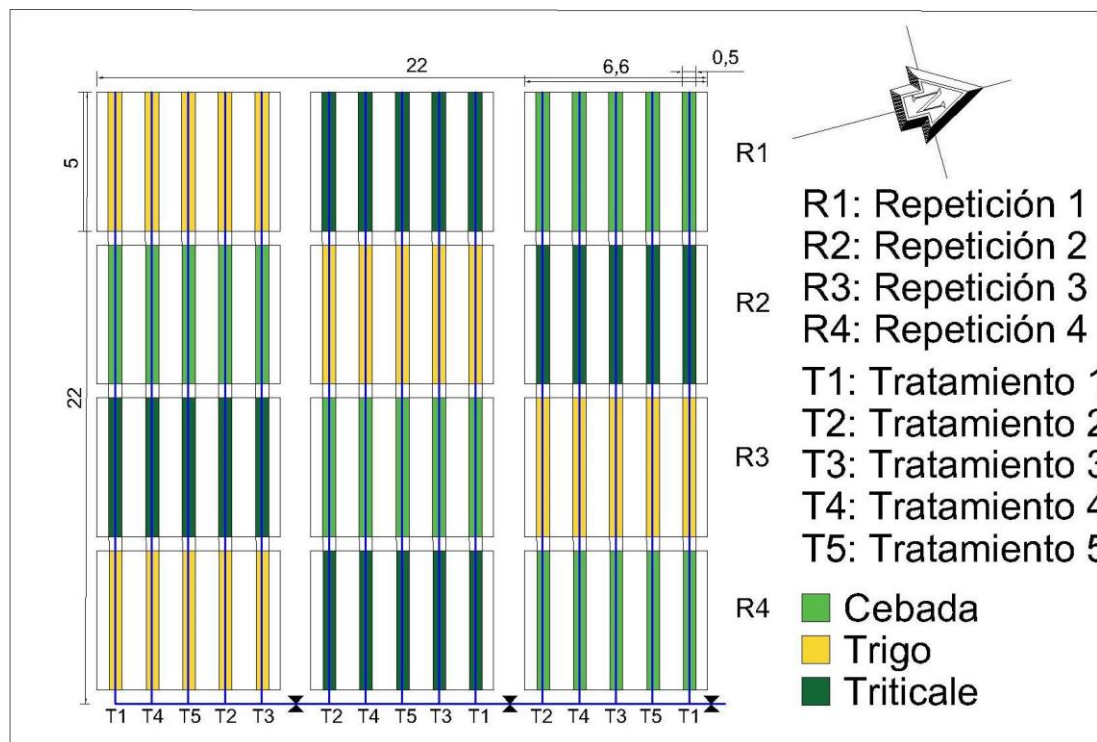


Figura 5.2 Diseño experimental en el área de estudio

## 5.5 Propiedades físicas y químicas de los tratamientos

### 5.5.1 Tratamiento 1 (PELLET)

Materia orgánica natural de leonardita que pasa por un proceso de activación para una más rápida liberación. Mejora los suelos física y biológicamente. Es parcialmente soluble y se aplica directo al suelo.

Recomendaciones de uso: se aplica solo al suelo o en mezcla con los fertilizantes sólidos. Esto puede ser en pre-siembra, al momento de la siembra o después de la emergencia del cultivo. Puede ser utilizado en cualquier cultivo y es compatible con la mayoría de los fertilizantes y plaguicidas.

Especificaciones:

Nombre: LEA + AHAF

pH: 8 – 9

Color: negro

Apariencia: pellet

Residual: no residual

Tipo: mejorador de suelo

Categoría toxicológica: no aplica

Dosis de aplicación: al suelo: de 500 kg/ha

Familia química: No aplica: ácidos húmicos

Compuestos de la formulación: sustancias húmicas

Composición porcentual:

Materia orgánica .....	31 %
Ácidos húmicos .....	38 %
Ácidos fúlvicos .....	30 %

### 5.5.2 Tratamiento 2 (CRISTAL)

Descripción: producto altamente concentrado de ácidos húmicos y fúlvicos derivados de la leonardita que están caracterizados por ser 99 % solubles.

Recomendaciones de uso: se aplica al suelo o se mezclan con los fertilizantes sólidos. Esto puede ser en pre-siembra, al momento de la siembra o después de la emergencia del cultivo. Puede ser utilizado para cualquier cultivo y es compatible con la mayoría de los fertilizantes y plaguicidas.

Especificaciones:

Nombre: AHAF-99

pH: 8 - 9

Color: Negro

Apariencia: Cristales

Tipo: Bioestimulante

Residual: no es residual

Categoría toxicológica: no aplica

Dosis de aplicación: 3 g. por litro de agua

Familia química: No aplica ácidos húmicos

Compuestos de la formulación: sustancias húmicas

Composición porcentual:

Ácidos .....	húmicos 68 %
Ácidos .....	fúlvicos 31 %
Total, de sustancias .....	húmicos 99 %

### 5.5.3 Tratamiento 3 (LIQUIDO)

Leonardita: materia orgánica de lignito que tiene un alto grado de oxidación dado que se crea mediante el proceso de humificación que se lleva a cabo en más de 70 millones de años.

Recomendaciones de uso: La leonardita se aplica solo al suelo o en mezcla con los fertilizantes sólidos. Esto puede ser en pre-siembra, al momento de la siembra o después de la emergencia del cultivo. Es la materia orgánica con más altos de niveles de ácidos húmicos.

Especificaciones:

Nombre: leonardita

pH: 8 - 9

Color: Negro

Apariencia: líquido

Residual: no es residual

Tipo: mejorador de suelo

Categoría toxicológica: no aplica

Dosis de aplicación: 3 g por litro de agua

Familia química: No aplica ácidos húmicos

Compuestos de la formulación: sustancias húmicas

Composición porcentual:

Materia orgánica .....	46% - 52%
Ácidos húmicos .....	22% - 26%
Ácidos fúlvicos .....	11% - 15%
Nitrógeno (N) .....	1.20% - 1.80%
Potasio (K) .....	0.010% - 0.012%

#### **5.5.4 Tratamiento 4 (CRISTAL + BACTERIA)**

Se utilizó el mismo material que con el tratamiento dos, contando con la misma especificación y composición, y se aplicó la misma dosis, pero añadiendo una concentración de bacterias fijadoras de nitrógeno (*Azospirillum brasilense*) para evaluar el comportamiento que presentaba el cultivo con dicha aplicación, la dosis de aplicación fue de 8 a 10 UFC (Unidades formadores de colonia).

#### **5.5.5 Tratamiento testigo (AGUA)**

Este tratamiento no se le aplicó ningún tipo de mejorador, solo se aplicaron los riegos normales y de esta forma tener un punto de referencia.

### **5.6 Variables evaluadas**

#### **5.6.1 Peso seco de la planta (PSP)**

Una vez que se tuvo la muestra por 24 hrs en la estufa de secado a 60 °C se procedió a pesar el total que abarca tallo, hojas, raíz y espigas de la planta por muestra para después obtener un promedio.

#### **5.6.2 Número de espigas por planta (NEP)**

Cuando se ha pesado todo, separamos todas las plantas y contamos los hijuelos para contabilizar las espigas de la planta.

#### **5.6.3 Peso seco de la espiga por planta (PSEP)**

Teniendo el número de espigas por planta se pesaron las espigas y así se obtuvo un promedio de espiga por planta.

#### **5.6.4 Peso seco del grano (PSG)**

Separamos el grano de espiga el cual esta labor se realiza de forma manual, este punto es la parte más importante ya que en base a estos datos obtenidos calculamos el rendimiento del grano.



### 5.6.5 Número de granos por espigas (NGE)

Teniendo el grano se hace el conteo para determinar el número de granos por espiga NGE.

### 5.6.6 Número de granos por planta (NGP)

Se suman el total de los granos y se obtiene un promedio este conteo se lleva a cabo de forma manual.

## 5.7 Análisis estadístico

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

Donde:

$Y_{ij}$  = Es

$\mu$  = Es la media general.

$\tau_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$i = 1, \dots, t$  (número de tratamientos o variables)

$\varepsilon_{ij}$  = Efecto de los errores experimentales de cada unidad.

$j = 1, \dots, r$  (número de repeticiones)

## VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Cultivos

El ANVA y la comparación de media con el método de Tukey ( $p=0.05$ ) del cultivo cebada mostro diferencia significativa ( $p<0.05$ ) entre tratamientos. Sin embargo, para los cultivos triticales y cebada no se presentaron diferencias significativas ( $p<0.05$ ), (Cuadro 6.1).

**Cuadro 6.1 Variables promedio de los tres cultivos estudiados con los cinco tratamientos respectivos.**

Tratamientos	Cebada		Triticales		Trigo	
	kg/ha	Dev std	kg/ha	Dev std	kg/ha	Dev std
T1	4437 ab	739	5105 a	1636	2721 a	568
T2	4266 ab	588	5485 a	1607	3109 a	1022
T3	5386 a	560	5315 a	1885	3455 a	440
T4	4265 ab	901	5310 a	2395	3263 a	1326
T5	3192 b	342	5095 a	1682	2450 a	475

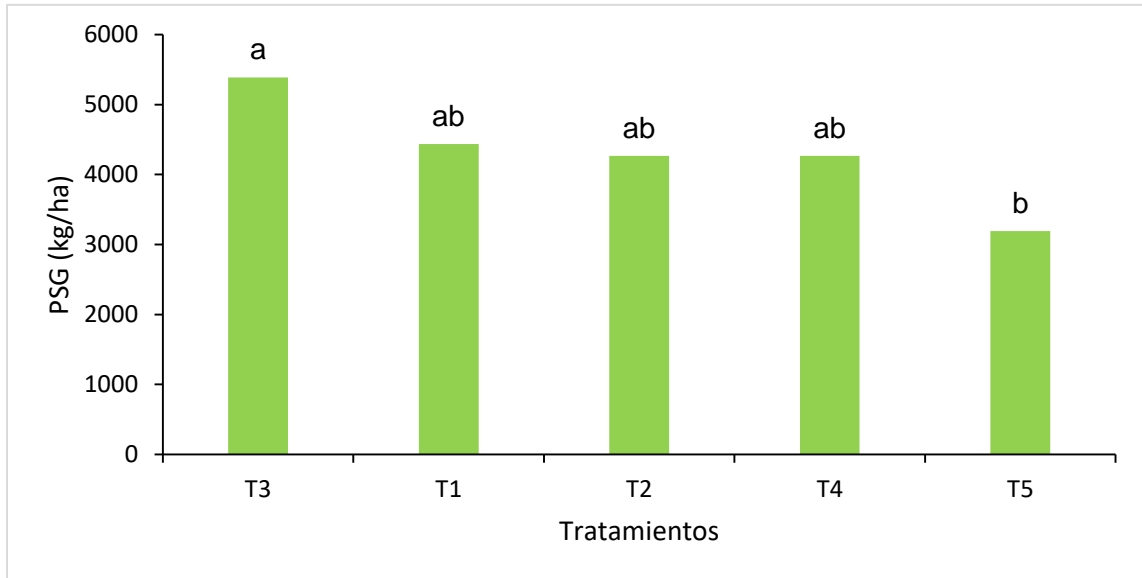
Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí. T1 = Leonardita presentación (Pellet), T2 = Leonardita presentación (Cristal), T3 = Leonardita presentación (Líquido), T4 = Leonardita presentación (Cristal + Bacteria), T5 = Testigo (agua).

### Cebada – PSG

En la cebada el tratamiento T3 (Líquido) mostró mejores resultados obteniendo 5386 kg/ha siendo un 69 % superior al testigo, siguiéndole el tratamiento T1 (Pellet) siendo un 39 % superior al tratamiento testigo y para el caso del tratamiento T2 (Cristal) y T4 (Cristal + bacteria), obtuvieron rendimientos similares dado que son tratamientos similares a excepción que a una se le adicionó bacterias, no son significativamente diferentes siendo un 34% superiores al tratamiento testigo.

De acuerdo con Gómez *et al.* (2009) en un estudio de estimación del rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en condiciones de temporal, obtiene un rendimiento promedio de 3480 kg/ha, con un máximo de 4917 kg/ha y un mínimo de 2398 kg/ha entre sus variedades estudiados, siendo ligeramente superiores

el promedio obtenido con 4309 kg/ha, con un máximo de 5386 kg/ha (T3) y un mínimo 3193 kg/ha (T5) (Cuadro 6.1 y Figura 6.1).

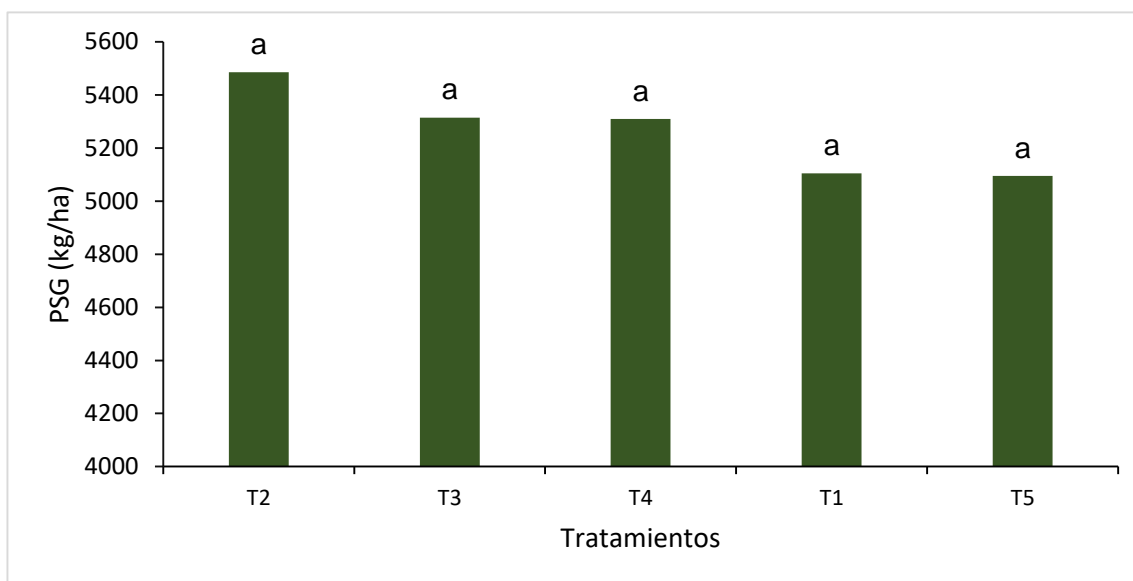


**Figura 6.1** Peso Seco de Grano (PSG) en el cultivo de Cebada (*Hordeum Vulgare*).

### **Triticale – PSG**

En el triticale los rendimientos no fueron significativamente diferentes entre los cinco tratamientos, siendo el tratamiento T2 (Cristal) con resultados de 5485 kg/ha fue un 8 % superior al tratamiento testigo. Por debajo del tratamiento antes mencionado le sigue el tratamiento T3 (Líquido) y T4 (Cristal + bacteria) con un 4 % superior y el tratamiento T1 (Pellet) no mostro diferencias significativas siendo un 0.2 % superior al tratamiento testigo.

De acuerdo con Paccapelo *et al.* (2017) en una investigación realizada en el periodo del 2009 al 2015, evaluando el rendimiento del triticale en Argentina; obtuvo una media 3724 kg/ha y máximos de 5050 kg/ha en año 2015, siendo el año 2010 en donde registraron un promedio 4420 kg/ha y un máximo de 5712 kg/ha siendo similares a los resultados obtenidos en esta investigación (cuadro 6.1 y Figura 6.2).

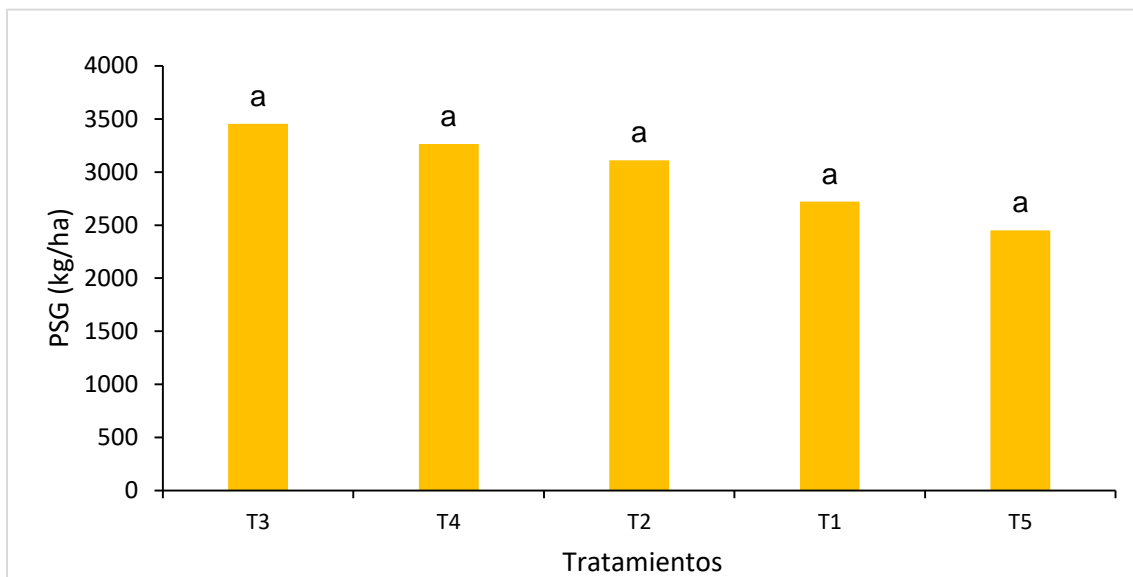


**Figura 6.2** Peso Seco de Grano (PSG) en el cultivo de Triticale (*x Triticosecale Wittmack*).

### Trigo-PSG

En el trigo el resultado obtenido mostró que el tratamiento tres (Líquido) obtuvo mejores resultados con 3450 kg/ha siendo un 41 % superior al tratamiento testigo, siguiendo el tratamiento cuatro (Cristal + bacteria) como segundo con mayor rendimiento con un 33% superior, el tratamiento dos (Cristal) se posiciona con el tercer tratamiento más efectivo con un 27 % superior y por último, el tratamiento uno (Pellet) con un 11 % de rendimiento superior al testigo (Cuadro 6.1 y Figura 6.3).

Los resultados obtenidos en el experimento para rendimiento de grano fueron similares a los obtenidos por Kuttel y Díaz (2015) los cuales reportan rendimientos promedios superiores a 3000 kg/ha y máximos de 4000 kg/ha en grano de trigo.



**Figura 6.3** Peso Seco de Grano (PSG) en el cultivo de Trigo (*Triticum durum*).

### Interacción de Cultivos

El análisis de varianza mostro diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en la interacción de cultivos. Al comparar el rendimiento promedio entre los cultivos con el método de tukey ( $p = 0.05$ ) se observa que los tratamientos ejercieron efecto positivo, aventajando el rendimiento en el cultivo triticales (Cuadro 6.2).

**Cuadro 6.2** Rendimiento promedio de tres cultivos de Cereales con aplicación de tratamientos

Cultivo	PSG (Kg/ha)
Cebada	4309 b
Triticales	5262 a
Trigo	3000 c
$p \leq$	$< 0.0001$
CV(%)	27.4

Según (Gonzales *et al.*, 2018). Concluye que la leonardita también permite obtener mayor productividad en flores y sugiere que aplicando fertilizantes NPK puede aumentar muchos más los rendimientos dado que la leonardita favorece la absorción de nutrientes debido a las sustancias húmicas, fomentando el desarrollo de raíces.

También (Rivero *et al.*, 2004) sugiere que las aplicaciones sistemáticas de leonardita o materiales semejantes a largo plazo puede ayudar a mejorar la materia orgánica del suelo incorporando material con mayor contenido de oxígeno.

## **VII. CONCLUSIONES**

De acuerdo con los resultados obtenidos podemos declarar que la hipótesis se ha cumplido, demostrando que la leonardita aplicada en los cuatro tratamientos tuvo un efecto positivo en comparación del tratamiento testigo en la cebada y ligeramente superior en triticale y trigo, aumentando el rendimiento en la variable de Peso Seco del Grano (PSG) de dichos cultivos.

El tratamiento tres (Líquido) es el que mostró los mejores resultados en el caso de la cebada y el trigo. Mientras que para el triticale el tratamiento dos (Cristal) dio mejores resultados, aunque las diferencias entre los cuatro tratamientos son muy similares.

Si bien cada cultivo tiene diferentes propiedades de rendimiento, el triticale mostró mayor producción de Peso Seco de Grano (PSG) con 5485 kg/ha siguiéndole la cebada con 5386 kg/ha y por último el trigo con 3455 kg/ha.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Alvarado, M., y Morillo, F. 1978. *Enfermedades del trigo*. Ministerio de Agricultura. Madrid. Consultado mayo 2021. Disponible: [https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1978\\_08.pdf](https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1978_08.pdf)
- Ballesteros, R. E., Morales, R. E. J., Franco, M. O., Santoyo, C. E., Estrada, C. G. y Gutiérrez, R. F. 2015. *Manejo de fertilización nitrogenada sobre los componentes del rendimiento de triticale*. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 6(4):721-733.
- Béjar, M., Ammar, H., Lechuga, M., Fematt, G., Cano, J., 2004. *El cultivo de Triticale como elemento importante en la sustentabilidad de agrosistemas*. Centro de Investigación para los Recursos Naturales. Salaces, López, Chihuahua. (folleto técnico num. 6) Disponible en: <https://cirena.org/images/proyectos/T.pdf>
- Bonjean, A.P., y Angus, W.J., 2001. *The World Wheat Book: a history of wheat breeding*. Lavoisier Publ., Paris. 1131 pp.
- Ceccarelli s, s grando (1991) *Selection environment and environment sensitivity in barley*. Euphytica 57: 157-167.genotypes. New Phytol. 68:1115-1123.
- CIREN. 1989. *Cereales, cultivos industriales y flores*. Centro de Información de Recursos Naturales. Santiago, Chile. 59 p. Consultado marzo 2021. Disponible: <https://research.csiro.au/gestionrapel/wp-content/uploads/sites/79/2016/11/Requerimientos-de-clima-y-suelo.-Cereales-cultivos-industriales-y-flores-1989d.pdf>
- FAO (2021) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consultado: Mayo 2021. Disponible: <http://www.fao.org/home/es/>

FAOSTAT (2021) Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Consultado: Mayo 2021. Disponible: <http://www.fao.org/faostat/es/#home>

Gelelcha, S. 2007. *Triticale (X Triticosecale Wittmack) a new addition to the Ethiopian cereals*. Afr. Crop Sci. Conf. Proceed. 8(1):1991-1995.

Gómez, R., Ortiz, C., Zamora, M., Soria, J., Trinidad, A., y Carballo, A. 2009. *Estimación del rendimiento de cebada (Hordeum vulgare L.) maltera con el método FAO*. Agricultura técnica en México. Vol.35

González, M., Jiménez, L., Yáñez, W., y Parducci, P. 2018. *Potencial uso de la leonardita para el cultivo de rosa en condiciones de invernadero*. Agronomía tropical. Volumen (42). 8 p.

Hernández, O. 2006. tesis: *Productividad Forrajera de Nuevas Líneas de Cebada Imberbe (Hordeum vulgare L.) en Tres Ambientes del Norte de México*. Tesis de licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 64 p.

Hewstone, C. 1977. *Comportamiento de triticales bajo condiciones extremas de humedad en la zona sur*. In: Hewstone, C. (Ed.). *Estudios preliminares de triticales en la zona sur de Chile*. INIA Publ. Misc. 5. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-Estación Experimental Carillanca. Temuco, Chile. 26-29 pp.

INEGI. 2009. *Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Saltillo, Coahuila de Zaragoza Clave geoestadística 05030.

InfoAgro. 2015. *El cultivo de la cebada* consultado: marzo 2021 disponible: <https://infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>

InfoAgro. 2015. *El cultivo del triticale* consultado: marzo 2021 disponible: <https://infoagro.com/herbaceos/forrajes/cebada.htm>

Körber-Grohne U. 1988. *Nutzpflanzen in Deutschland - Kulturgeschichte und Biologie*. Theiss Verlag, Stuttgart, Germany



- Kuttel, W.D., y Diaz, M.G. 2015. *Rendimiento y calidad de grano de trigo, cebada y avena en Paraná, Entre Ríos. Años 2013 y 2014*. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Paraná. Disponible en: [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_evaluacin\\_comparada\\_\\_trigo\\_cebada\\_y\\_avena.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_evaluacin_comparada__trigo_cebada_y_avena.pdf)
- Mateo, J. 2005. *Cultivos agrícolas. Ministerio de Agricultura, pesca y alimentación. MAPA*. Madrid – España. 580 p. Prontuario de Agricultura.
- Molina, CJL. 1989. *La Cebada. Morfología, Fisiología, Genética, Agronomía y Usos Industriales*. Mundi-prensa. Madrid, España. 252 p.
- Nardi, S., D. Pizzeghello, M. Schiavon y A. Ertani, 2016. *Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism*, Scientia Agricola, 73(1), 18-23.
- Paccapelo, H., Ferreira, V., Picca, A., Ferrari, E., Domínguez, R., Grassi, E., Ferreira, A., Di Santo, H., y Castillo, E. 2017. Triticale (x Triticosecale Wittmack): rendimiento y sus componentes en un ambiente semiárido de la Argentina. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*. Vol.33
- Pereyra, S. 2014. *Fusariosis de la espiga en trigo*. Disponible en: [http://www.inia.uy/Documentos/INIA%20La%20Estanzuela/INIA\\_guia%20manejo%20FE%20trigo%202014\\_web%20\(1\).pdf](http://www.inia.uy/Documentos/INIA%20La%20Estanzuela/INIA_guia%20manejo%20FE%20trigo%202014_web%20(1).pdf)
- Pérez, J. 2010. *La cebada. Hughes, h.d., m.e. heath y d.s. metcalfe. 1974. Forrajes*, Ed. CECSA, México p.343373. Consultado: Abril de 2021 disponible: <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-dela-cebada.html>
- Rivero, C., Senesi, N., y D'Oracio. 2004. *Los ácidos húmicos de leonardita sobre características espectroscópicas de la materia orgánica de un suelo en la cuenca del Lago de Valencia*. *Agronomía tropical*. Volumen (54).
- Robles Sanchez., 1994. *Producción de granos y forrajes*. Quinta Edición. Grupo Editorial Limusa. S.A.

Royo, C. 1992. *El triticale: Bases para el cultivo y aprovechamiento*. Editorial Mundi-Prensa.

Ruíz, R. (1981). *Cultivo del Trigo y la Cebada*. Temas de Orientación Agropecuaria, Bogotá.

SADER. (2020) *Cebada, alimento del cuerpo y del alma*. Secretaria de Agricultura y Ganadería Rural. Consultado: marzo 2021. Disponible: <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cebada-alimento-del-cuerpo-y-del-alma>

SAGARPA (2017) *Planeación Agrícola Nacional 2017 – 2030. Trigo grano Cristalino y Harinero*. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. Primera edición, Ciudad de México consultado marzo 2021 Disponible: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B\\_sico-Trigo\\_Cristalino\\_y\\_Harinero.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/256434/B_sico-Trigo_Cristalino_y_Harinero.pdf)

Sandoval, E. et al. 2018. *Áreas para producción de semilla de trigo en Valles Altos Centrales de México*. Colegio de postgraduados campus Montecillos. Texcoco, Estado de México. Consultado mayo 2021. Disponible: <http://cienciasagricolas.inifap.gob.mx/editorial/index.php/agricolas/article/view/1391/1482>

Santoyo, E. et al. 2004. *Guía para el cultivo de cereales en el Estado de México*. Estado de México. 37 p.

SIACON NG (2020) Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Consultado: mayo 2021. Disponible: <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>

SIAP (2016) *Cebada grano mexicano*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera Consultado: Marzo 2021 disponible: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257069/Potencial-Cebada.pdf>

SIAP. Sf. *Cierre de la producción agrícola. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado de <https://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>

Varughese, G., T. Barker y E. Saari. 1987. *Triticale*. CIMMYT, México, D.F. 32 pp. Disponible en:  
<https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/1188/4885.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## IX. ANEXOS

**Cuadro 9.1 Cuadro procedimiento ANOVA**

Observación	Variable	Tratamiento	Repetición	Rendimiento
1	v1	T1	1	3895.98
2	v1	T1	2	5416.49
3	v1	T1	3	4596.64
4	v1	T1	4	3837.11
5	v1	T2	1	4316.93
6	v1	T2	2	4108.24
7	v1	T2	3	5027.09
8	v1	T2	4	3610.20
9	v1	T3	1	5372.93
10	v1	T3	2	5727.74
11	v1	T3	3	4601.12
12	v1	T3	4	5840.34
13	v1	T4	1	3351.48
14	v1	T4	2	5330.56
15	v1	T4	3	3712.37
16	v1	T4	4	4664.35
17	v1	T5	1	2920.76
18	v1	T5	2	3241.13
19	v1	T5	3	3657.72
20	v1	T5	4	2950.20
21	v2	T1	1	5980.00
22	v2	T1	2	6920.00
23	v2	T1	3	3340.00
24	v2	T1	4	4180.00
25	v2	T2	1	5920.00
26	v2	T2	2	3500.00
27	v2	T2	3	7360.00
28	v2	T2	4	5160.00
29	v2	T3	1	4240.00
30	v2	T3	2	6440.00
31	v2	T3	3	7320.00
32	v2	T3	4	3260.00
33	v2	T4	1	4760.00

34	v2	T4	2	6900.00
35	v2	T4	3	7420.00
36	v2	T4	4	2160.00
37	v2	T5	1	6460.00
38	v2	T5	2	6640.00
39	v2	T5	3	3660.00
40	v2	T5	4	3620.00
41	v3	T1	1	2166.72
42	v3	T1	2	2345.76
43	v3	T1	3	3394.08
44	v3	T1	4	2976.48
45	v3	T2	1	4322.40
46	v3	T2	2	3570.00
47	v3	T2	3	2116.08
48	v3	T2	4	2427.36
49	v3	T3	1	3679.68
50	v3	T3	2	3712.32
51	v3	T3	3	3629.28
52	v3	T3	4	2796.96
53	v3	T4	1	2386.56
54	v3	T4	2	4306.08
55	v3	T4	3	4484.16
56	v3	T4	4	1875.60
57	v3	T5	1	3018.96
58	v3	T5	2	2665.92
59	v3	T5	3	2061.12
60	v3	T5	4	2055.36

---

V1 = cebada, V2 = triticale y V3 = trigo. T1 = Tratamiento uno (Pellet), T2 = Tratamiento dos (Cristal), T3 = Tratamiento tres (Líquido), T4 = Tratamiento dos más bacterias (Cristal + Bacterias).