

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAGE



**Comportamiento del rendimiento en cebada (*Hordeum Vulgare*), con
leonardita activada en el sur de Coahuila**

Por:

PABLO VASQUEZ SALINAS

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

Ingeniero Agrónomo en Irrigación

Saltillo, Coahuila, México

Agosto de 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

**Comportamiento del rendimiento en cebada (*Hordeum Vulgare*), con
leonardita activada en el sur de Coahuila**

POR

PABLO VASQUEZ SALINAS

TESIS

Que somete a consideración del H. jurado examinador como

requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN

A P R O B A D A

MC. Fidel Maximiano Peña Ramos

PRESIDENTE DEL JURADO

MC. Carlos Rojas Peña

SINODAL

DR. Luis Samaniego Moreno

SINODAL

MC. Sergio Sánchez Martínez

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE INGENIERÍA

SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO. AGOSTO DEL 2020.

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mi agradecimiento a **DIOS** todo poderoso por haberme cuidado y protegido todos los días de mi vida, por otorgarme muchas oportunidades, por darme su fortaleza en los momentos más difíciles de mi vida, le doy gracias por lo bueno que es conmigo por cuidar de mis seres queridos y en especial le doy gracias por su inmenso amor que nos brinda día a día.

Mis más sinceros agradecimientos al personal técnico de la universidad, especialmente al **MC Fidel Maximiano Peña Ramos**, asesor y amigo durante este proyecto de investigación, al **DR. Luis Samaniego Moreno**, **MC. Carlos Rojas Peña** y al **DR. Perpetuo Álvarez Vázquez** por el apoyo de la investigación y redacción de este trabajo.

A mi ALMA MATER: Gracias por haberme abierto las puertas de esta gran universidad de agronomía, por todas las herramientas, conocimientos y enseñanzas que me brindó para formarme profesionalmente, gracias por las oportunidades que me diste durante mi estancia universitaria.

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a **Andrea de Hoyos Delgado**, **Antonio Tadeo de hoyos delgado** y **Antonio de hoyos Iribarren** por el apoyo en esta investigación, que juntos me dieron la oportunidad de culminar una etapa más de mi vida profesional, proporcionándome los materiales con los que trabajamos durante este trabajo, muchas gracias.

Agradezco de manera especial y sincera al **MC. Modesto Colín Rico**, por su apoyo de haberme proporcionado las semillas de la cebada Imberbe forrajera, que sin ello no sería posible culminar la investigación.

DEDICATORIA

A DIOS: por darme la oportunidad de cumplir unos de mis más grandes sueños de terminar una carrera profesional.

A mis padres: Olegario Vásquez López

Esperanza Salinas Salinas

Gracias a mis padres por haber sido el pilar fundamental donde se formó mi personalidad, por haberme inculcado respeto y humildad ante toda persona, por el amor hacia las cosas y al trabajo, el carácter que impuso en mí para lograr a realizar mis metas, gracias por el amor incondicional, personal y laboral que me diste. Por los esfuerzos, trabajos y sacrificios que realizaron para que mi meta se cumpliera. Gracias por haber depositado su confianza en mí en todo momento y en especial en las situaciones más difíciles que tuvieron que atravesar, ahora es orgullo decirles y demostrarles que mi sueño como profesionista se ha cumplido. Estoy muy agradecido con ustedes que con unas sencillas líneas no basta por expresar mi amor por ti mamá, y por ti papá, gracias por ser los mejores padres, que mi DIOS los cuide y proteja siempre.

A mis hermanos: quiero agradecerles de corazón por haber confiado en mí, por su apoyo y cariño incondicional, por ser mis hermanos y amigos durante todo el tiempo que pasamos juntos, por defenderme de circunstancias perjudicial, gracias por su gran apoyo moral y económicamente.

A mis sobrinos: gracias a todos, por bellos momentos que pasamos, que de alguna u otra formas lograron sacarme una sonrisa en los momentos más difíciles de mi vida, gracias por las risas, las travesuras y por todas actividades que realizábamos durante el periodo vacacional.

A todos mis familiares: tíos, tías, cuñados y cunadas que de alguna forma me motivaron a seguir a delante y nunca dejarme decaer en mi estancia como universitario, gracias por sus palabras de aliento y buenos consejos que caracterizo en mi vida profesional.

A mis amigos: Ismael López Ginés: que siempre me apoyo con sus sabios consejos en los momentos más decepcionantes de mi vida, quien fue como un hermanó durante la carrera profesional, por su compañía y apoyo moral. A mis compas David Vásquez; Abel Cifuentes; Marcelino rosales; Ramón Orozco; Manuel Vásquez y Rafael amalla, quienes formaron una parte de mi vida, con sus amistades, convivencias, pedas, y actividades que realizábamos como amigos, gracias por sus compañías y por todas las cosas pendejas que hicimos durante nuestra instancia profesional.

A mi pareja: Lizett Cruz Ojeda, por el amor y apoyo que me dio en los momentos más complicados de mi estancia como universitario, por todos los momentos más felices de mi vida que pasamos juntos, por darme su cariño y tiempo durante muchos años, por ser mi compañera y amiga a la vez, por haber confiado en mí y principalmente por a ver compartido risas, alegría, tristeza, enojo, decepciones y amor.

A mis compañeros: a todos mis compañeros de generación CXXVIII, por sus sabias palabras de motivación y el apoyo que me brindaron durante cuatro años y medio, por ayudarme en circunstancias educativas y por darme la oportunidad de convivir con ustedes.

A mis maestros: por brindarme sus enseñanzas que día a día fueron forjando mis conocimientos en mi vida profesional.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
TABLA DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE CUADROS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRAC.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	2
Objetivo General	2
Objetivo Específico.....	2
Hipótesis	2
III. JUSTIFICACIÓN.....	3
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1 La Importancia de la cebada	4
4.2 Importancia en la industria cervecera	4
4.3 Morfología y taxonomía de la cebada	5
4.3.1 Taxonomía.....	5
4.3.2 Morfología.....	6
4.4 Plagas y enfermedades de la cebada.....	6
4.4.1 Plagas	6
4.4.2 Enfermedades	7
4.5 Producción de cereales a nivel mundial	9
4.5.1 Producción de cebada a nivel mundial en los últimos 20 Años	10
4.5.2 Rendimiento de grano de cereales	11
4.5.3 Superficie cosechada a nivel mundial (1999-2018)	13
4.5.4 Países con mayor Índice de producción de cebada	14
4.5.5 Producción de cebada por estado 2018.	15
4.6 Crecimiento y desarrollo de la cebada	16
4.6.1 Requerimientos climáticos y edafológicos para el cultivo de la cebada.....	17
Clima:.....	17

Temperatura:	17
4.6.2 Temperatura y humedad	17
4.6.3 Factores que limitan la producción	19
V. MATERIALES Y MÉTODOS	20
5.1 Descripción del sitio experimental	20
5.2 Establecimiento del experimento	21
5.2.1 Preparación del terreno.....	21
5.2.2 Siembra	21
5.2.3 Aplicación de los tratamientos.....	21
5.2.4 Manejo de las parcelas	22
5.3 Desarrollo de las espigas.....	23
5.4 Diseño experimental.....	23
5.5 Propiedades físicas y químicas de los tratamientos	24
5.5.1 Tratamiento 1 (PELLET)	24
5.5.2 Tratamiento 2 (CRISTAL)	26
5.5.3 Tratamiento 3 (LÍQUIDO)	27
5.5.4 Tratamiento 4 (CRISTAL + BACTERIA)	28
5.5.5 Tratamiento testigo (AGUA).....	28
5.6 Variables evaluadas	29
5.6.1 Peso seco del grano (PSG).....	29
5.6.2 Número de espigas por planta.....	30
5.6.3 Número de granos por espigas (NGE).....	30
5.6.4 Número de granos por planta (NGP).	30
5.6.5 Peso seco de la espiga por planta (PSEP).....	30
5.7 Análisis estadístico	30
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
6.1 Peso seco de grano (PSG)	33
6.2 Número de espigas por planta	34
6.3 Número de granos por espiga.....	35
6.4 Número de Grano por Plantas	36
6.5 Peso Seco de la espiga por planta	38
VII. CONCLUSIONES	40
VIII. LITERATURA CITADA	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Producción de cebada a nivel mundial.....	10
Cuadro 2. Rendimiento promedio de grano de cebada para los años 1999-2018.....	12
Cuadro 3. Datos de la superficie cosechada a nivel mundial.....	13
Cuadro 4. Países con mayor índice de producción de cebada.....	14
Cuadro 5. Producción de cebada para los estados de México del año 2018.....	15
Cuadro 6. Superficie cosechada en ha para los estados de México del año 2018.....	15
Cuadro 7. Valor monetario en millones de pesos de la producción de cebada del año 2018.....	16
Cuadro 8. Fecha de aplicación de los materiales del trabajo de investigación	22
Cuadro 9. Valores promedios de las variables para el rendimiento de cebada en los cinco tratamientos.	32
Cuadro 10 . Valores promedios presentados en kg con relación al peso seco de la espiga por planta.....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área experimental, (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro).	20
Figura 2. Diseño experimental en el área de estudio	24
Figura 3. Redimiendo de grano (kg ha ⁻¹) en cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).....	33
Figura 4. Comportamiento de Espigas por Planta en cada tratamiento.....	34
Figura 5. Comportamiento del Número de Espigas por Planta en los tratamientos analizados.....	35
Figura 6. Comportamiento del número de granos por espiga con valores estadísticos no significativos.	36
Figura 7. Comportamiento del número de granos promedios por planta con valores estadísticos no significativos.....	37
Figura 8. Comportamiento del peso seco promedio de espigas por plantas con valores estadísticos significativos.	39
Figura 9. Valores presentados en porcentaje del peso seco de grano.	39

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento productivo de cebada variedad GABYAN95, en relación al rendimiento de grano, número de espigas por planta número de granos por planta, numero de grano por espiga y peso seco de espigas por planta, con aplicación de leonardita activada, en tres diferentes formas y dosis, con el fin de aprovechar los nutrientes naturales del suelo. El experimento se llevó a cabo dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). El diseño experimental fue completamente al azar con 4 repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 33 m² (5 m x 0.5 m, largo por ancho, respectivamente). Se dejó un espacio de 0.5 m entre camas para facilitar el manejo y cuidado del cultivo.

Los resultados demostraron que la leonardita activada tuvo mucha efectividad en el experimento. Se presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) en relación con el testigo evaluado, lo que indica que los cuatro tratamientos son útiles para incrementar el rendimiento de grano en el cultivo de cebada. En base al comportamiento de las variables de los tratamientos experimentados, se afirma que el material más capaz de producir mayor índice de rendimiento de granos de cebada en el ciclo invierno-primavera, fue la leonardita activada en forma líquida, para las regiones del norte del país, con un rendimiento de 5385 kg/ha.

Palabras clave: Cebada (*Hordeum vulgare*), rendimiento, variables, cultivo, leonardita.

ABSTRAC

The present investigation was carried out with the objective of evaluating the productive behavior of barley, in relation to the grain yield, number of ears per plant number of grains per plant, number of grain per ear and dry weight of ears per plant, with application of Leonardite activated, in three different forms and doses, in order to take advantage of the natural nutrients of the soil. The experiment was carried out within the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN). The experimental design was completely randomized with 4 repetitions. The size of the experimental unit was 33 m² (5 m x 0.5 m, length by width, respectively). A space of 0.5 m was left between beds to facilitate the handling and care of the crop.

The results showed that the activated leonardite had a lot of experience in the experiment. Significant differences ($p < 0.05$) were observed in relation to the evaluated control, indicating that the four treatments are useful to increase grain yield in the barley crop. Based on the behavior of the variables of the treatments undergone, it is stated that the material most capable of producing the highest yield index of barley grains in the winter-spring cycle, liquid activated leonardite, for the northern regions of the country , with a yield of 5385 kg / ha.

Key words: Barley (*Hordeum vulgare*) ,yield, variables, cultivation, leonardite

I. INTRODUCCIÓN

La cebada (*Hordeum vulgare*), un cultivo de aproximadamente 5000 años A.C., utilizada por el hombre para bienes alimenticios como la elaboración del pan incluso antes que el trigo, esto lo hace más importante ya que presenta características muy peculiares para la satisfacción del hombre en cuanto a la producción de granos y forrajes. Una de estas importancias entre los cereales es el ser más vigoroso, resistente a la sequía y salinidad, tiene mayor grado de precocidad y producción precoz de forraje y grano (Hughes, 1974). La cebada (*Hordeum vulgare* L) sobresale, por su alto vigor de plántula reflejado en mayor acumulación de materia seca y rápido desarrollo del área foliar, en comparación con trigo harinero (*Triticum aestivum* L.), trigo duro (*Triticum turgidum* var. *durum*), triticale (*Triticosecale Wittmack*) y avena (*Avena sativa* L.) en condiciones de deficiencias hídricas después de anthesis. Produce 40 % más materia seca y hasta el doble de área foliar que el trigo antes, de que la segunda hoja del tallo principal alcance su tamaño final (López-Castañeda *et al.*,1994).

Es una especie bajo cultivo en México, y su importancia radica en su uso en la alimentación del ganado y por su demanda en la industria de la cerveza. Por lo general, los países que más la producen la utilizan en éstas dos formas. La incorporación de genotipos nuevos a la actividad agrícola requiere mejorar la tecnología de producción de los cultivos. La cebada está sujeta a esta condición, de tal forma que cuando es introducida a una región sufre un proceso de adaptación, pero al mismo tiempo se sujeta a recomendaciones técnicas del cultivo, entre ellas el mejor aprovechamiento y eficacia del manejo del agua de riego y disposición de plantas en el terreno, entre otros factores (López-Castañeda *et al.*,1994).

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 más de 70 millones de años.

La cebada (*Hordeum vulgare* L.) es el quinto cereal de mayor producción a nivel mundial (INEC, 2010); con el 50% del área y 63% del volumen de producción concentrados en Europa, donde se produce noventa millones de t/año (Abbassian, 2010), con una productividad promedio de 4 t/ha (INEC, 2010). En México, los cereales de grano pequeño se siembran bajo riego y en temporal o seco; la cebada, se cultivan en un área aproximada de 322 000 ha.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Evaluar el rendimiento en cebada con la aplicación de leonardita activada.

Objetivo Específico

Obtener una base de datos para rendimiento materia seca y grano en cebada, que genere más información sobre el cultivo.

Hipótesis

Los tipos de leonardita activada utilizada, tienen efecto positivo en cultivo de cebada forrajera, al aumentar los componentes del rendimiento.

III. JUSTIFICACIÓN

La presente investigación se realizó con el propósito de evaluar el rendimiento de grano de cebada a través de la aplicación de productos orgánicos; (leonardita activada en diferentes estados y dosis), lo cual implica analizar el comportamiento del rendimiento en cebada forrajera, para comparar la efectividad de los tratamientos y de la misma forma mostrar el resultado en la investigación, con el principio de enriquecer la información sobre la cebada.

Los objetivos de utilizar los derivados orgánicos son evaluar el peso seco del grano, además obtener una base de datos para aumentar la información de este cereal. Al realizar lo anterior se disminuye la aplicación de químicos a los cultivos de consumo diario, como lo es la cebada. Es por ello, que las dosis que se aplicaron durante el ciclo vegetativo de la planta fueron muy constantes para observar y describir los comportamientos del rendimiento. También de una u otra forma es demostrar el comportamiento que toma este cultivo al tener contacto con los diferentes materiales de aplicación, determinar los cambios irregulares que presenta durante el proceso de número de días a antesis. Además de mostrar los resultados de investigación con una fuente verídica que respalde nuestro trabajo. Y lo más importante es determinar el comportamiento de la variable peso seco de grano y la rentabilidad utilizando los materiales orgánicos de leonardita activada para producción de grano de cebada en el norte del país, y en especial en el municipio de Saltillo Coahuila.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 La Importancia de la cebada

La importancia que toma la cebada a nivel internacional es meramente indispensable ya que ocupa el cuarto lugar entre los cereales después del trigo, maíz y el arroz. Actualmente la gran mayoría de su producción es destinada para la alimentación del ganado y otra parte utilizada en la industria para la elaboración de la cerveza. Cabe destacar que también se utiliza para la fabricación de malta y para la preparación de alimentos, como: vinagre, pan, sopas y papillas. (INEC, 2010). De otra forma es el quinto cereal de mayor producción a nivel mundial (INEC, 2010); con el 50% del área y 63% del volumen de producción concentrados en Europa, donde se produce noventa millones de t/año (Abbassian, 2010), con una productividad promedio de 4 t/ha (INEC, 2010).

De acuerdo con Zamora (2008), la cebada tiene gran importancia socioeconómica en México, ya representa el ingreso de miles de familias que habitan en zonas productoras de los Valles Altos de la mesa central, ya que se utiliza como materia prima para la industria maltera, forrajera y en menor proporción como alimento humano.

4.2 Importancia en la industria cervecera

En el año de 1995 empezó a operar una compañía cervecera en el estado de Zacatecas que requería anualmente alrededor de 60 mil toneladas de cebada maltera, lo que motivó a los productores agrícolas del estado a cultivar esta especie como una opción productiva. En el período 1999-2003 más de 500 productores han sembrado en promedio anual 5400 ha de cebada maltera en Zacatecas, con rendimiento promedio de 2137 kg ha⁻¹ y producción anual de 11 400 t de grano (SIACON, 2004); sin embargo, la superficie sembrada con

cebada en el estado varía anualmente, debido a las fluctuaciones en la demanda de malta (Impulsora Agrícola, 1999) y a la oportunidad del inicio del período de lluvias. Cabe señalar que 91% de la superficie de cebada se siembra bajo condiciones de temporal (SIACON, 2004).

Alvares (2006), indicó que el grano requerido por la industria maltera debe llenar un estándar de calidad, principalmente en las características de alto volumen y peso del grano, sanidad y libre de impurezas (Impulsora Agrícola, 1999). Dicho estándar no es logrado por muchos productores, debido principalmente a la baja precipitación, que oscila entre los 250 a 450 mm durante del ciclo de cultivo a la baja capacidad de retención de humedad de los suelos y a deficiencias en el manejo del cultivo; sin embargo, existe una diversidad de sistemas de producción, con características socioeconómicas, culturales y técnicas no estudiados completamente en cebada.

4.3 Morfología y taxonomía de la cebada

4.3.1 Taxonomía

La planta de cebada se ubica taxonómicamente de la siguiente manera, (Olga, 2006).

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

4.3.2 Morfología

La hoja: caracteriza por tener hojas estrechas de color verde claro, a su vez tiene un color más claro que otros cereales y en las primeras etapas de su desarrollo son menos erguida que el trigo, por lo general glabras y rara vez pubescentes; su ancho varía entre 5 y 15 mm, y está compuesta por una vaina, una lámina, dos aurículas y una lígula (Jesús, 2010).

Raíces: El sistema radicular es fasciculado, fibroso y alcanza poca profundidad en comparación con el de otros cereales. Las raíces principales o coronarias se encuentran a una profundidad entre 20 a 30 cm. del suelo (Jesús, 2010).

Tallo: El tallo es erecto, grueso, formado por unos seis u ocho entrenudos, los cuales son más anchos en la parte central que en los extremos junto a los nudos. La altura de los tallos depende de las variedades y oscila desde 0.50 cm. a 1 m. (Jesús, 2010).

Flores: Las flores tienen tres estambres y un pistilo de dos estigmas. Es autógama. Las flores abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada (Jesús, 2010).

Grano: El tamaño del grano depende de la influencia del ambiente y sus dimensiones varían como sigue: puede alcanzar una longitud máxima de 9.5 mm y una mínima de 6.0 mm; de ancho mide entre 1 .5 y 4.0 mm. (Jesús, 2010).

4.4 Plagas y enfermedades de la cebada

4.4.1 Plagas

- Pulgones: producen importantes daños en la cebada, sobre todo el primero de ellos, pues es el principal vector del Virus del Enanismo Amarillo (BYDV). El virus se transmite por pulgones de forma persistente

circulativa, existiendo especificidad entre la especie transmisora de pulgón y la cepa del virus (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).

4.4.2 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*), sobre las hojas y vainas produce pústulas amarillentas dispuestas en líneas paralelas. A continuación, aparecen pústulas negras (Pérez, 2010).
- Carbón Desnudo (*Ustilago nuda*) ataca también 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 (*Erysiphe 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. Posteriormente 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 porcentaje 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 períodos 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).

4.5 Producción de cereales a nivel mundial

La producción mundial de cereales se mantiene aún en alrededor de 2,720 millones de toneladas, lo que representa una recuperación de 65.3 millones de toneladas (2.5 %) respecto del reducido nivel registrado en 2018, principalmente como consecuencia de aumentos en la producción de trigo, maíz y cebada (FAO, 2020). De acuerdo con, las estadísticas que presenta la (FAO, 2020) la previsión sobre la utilización mundial de cereales en 2019/20 se ha reducido en 24,7 millones de toneladas desde la publicación del último informe (en abril), como resultado de los efectos de la enfermedad por coronavirus (COVID-19) en el crecimiento económico. Constituyentes de la dieta (FAO, 2008) a nivel mundial, los cereales más cultivados son el trigo, el arroz y el maíz, ocupando la cebada el cuarto puesto. En España la cebada ocupa la cabeza de la producción cerealista nacional, representando el 45% de los cereales producidos (Mapa, 2010). Esto se debe a que de este cultivo se siembran un mayor número de hectáreas por su capacidad de adaptación al medio ambiente.

4.5.1 Producción de cebada a nivel mundial en los últimos 20 Años

Según la Organización de las Naciones unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAOSTAT, 2020), asignó la producción mundial de la cebada de la siguiente manera.

Cuadro 1. Producción de cebada a nivel mundial

Año	Producción (ha⁻¹)
1999	128,085,634
2000	133,113,066
2001	140,599,680
2002	141,030,434
2003	136,544,686
2004	156,267,473
2005	136,742,390
2006	144,502,756
2007	131,148,005
2008	153,807,910
2009	150,783,127
2010	123,317,085
2011	132,747,522
2012	132,229,102
2013	143,481,044
2014	145,091,156
2015	147,417,275
2016	145,904,773
2017	149,144,292
2018	141,747,758

4.5.2 Rendimiento de grano de cereales

En México, los cereales de grano pequeño se siembran bajo riego y en temporal o seco; la cebada, el trigo y el triticale, se cultivan en un área aproximada de 322 000 ha, 713 000 ha y 4800 ha respectivamente, con un rendimiento de grano promedio nacional de 2.7, 5.2 y 2.4 t ha⁻¹, respectivamente (SAGARPA, 2014).

En condiciones de temporal en el ciclo primavera-verano el rendimiento de cebada (2 t ha⁻¹), trigo (2.1 t ha⁻¹) y triticale (2.4 t ha⁻¹) es más bajo que en riego en el ciclo otoño-invierno (cebada = 5.5; trigo = 5.8 y triticale = 3.2 t ha⁻¹), debido a las deficiencias hídricas del suelo que con frecuencia coinciden con las etapas de floración y llenado de grano, al reducir severamente la producción y calidad del grano (López-Castañeda, 2013).

El crecimiento del grano es similar en cebada y trigo, aunque estas especies difieren en la duración de las fases de desarrollo, incluyendo la antesis y el periodo de llenado de grano. López-Castañeda y Richards (1994b) mostraron que la cebada alcanzó la iniciación floral (IF), el máximo número de primordios de espiguillas (MNP, etapa equivalente a la espiguilla terminal, ET del trigo), antesis (A) y madurez fisiológica (MF) en menor tiempo que trigo.

Características genéticas y el manejo agronómico son variables que pueden controlarse, pero algunas propiedades del suelo y lluvia son factores incontrolables, que resultan determinantes para obtener un buen rendimiento y una buena calidad de grano para malta (Gómez *et al.*, 2001).

El cultivo de la cebada maltera es uno de los más importantes en la región del Bajío, donde se siembran 50 mil hectáreas de riego, que aportan aproximadamente 30% de la producción nacional de cebada (SIACON, 2007), estas siembras dependen de la variedad Esperanza como la única opción tecnológica ante la presencia de la roya lineal amarilla (*Puccinia striiformis f. sp. hordei*). Las siembras de cebada en condiciones de riego se realizan en el ciclo otoño-invierno en el Bajío, que comprende parte de los estados de Querétaro,

Guanajuato, Michoacán y Jalisco. El cultivo de la cebada en invierno interviene en rotaciones con la siembra de sorgo o maíz en el ciclo de verano.

4.5.2.1 Producción de grano de cebada (1999-2018)

FAO (2020), indicó el rendimiento promedio a nivel mundial de ha^{-1} del cultivo de cebada.

Cuadro 2. Rendimiento promedio de grano de cebada para los años 1999-2018.

Año	Rendimiento (ha^{-1})
1999	2.4
2000	2.4
2001	2.5
2002	2.6
2003	2.4
2004	2.7
2005	2.5
2006	2.6
2007	2.4
2008	2.8
2009	2.8
2010	2.6
2011	2.7
2012	2.7
2013	2.9
2014	2.9
2015	3.0
2016	3.1
2017	3.1
2018	3.0

4.5.3 Superficie cosechada a nivel mundial (1999-2018)

La superficie cosechada de cebada a nivel mundial para los 20 últimos años con datos disponibles en hectáreas (FAOSTAT,2020), (cuadro 3).

Cuadro 3. Datos de la superficie cosechada a nivel mundial

Año	Superficie Cosechada (ha)
1999	53,193,452
2000	54,411,415
2001	55,815,394
2002	55,126,903
2003	57,493,930
2004	57,378,570
2005	55,568,949
2006	56,567,147
2007	54,906,620
2008	55,105,317
2009	54,427,192
2010	47,408,351
2011	48,444,128
2012	49,859,977
2013	49,811,032
2014	49,759,004
2015	48,733,755
2016	47,668,553
2017	47,419,375
2018	47,970,336

4.5.4 Países con mayor Índice de producción de cebada

Los países que lideran la producción de cebada a nivel mundial se muestran en el (Cuadro 4). Todos los valores están en toneladas. (FAOSTAT, 2020).

Cuadro 4. Países con mayor índice de producción de cebada

Orden	País	Producción (t)
1	Federación de Rusia	16,991,907
2	Francia	11,193,034
3	Alemania	9,583,600
4	Australia	9,253,852
5	España	9,129,535
6	Canadá	8,379,700
7	Ucrania	7,349,140
8	Turquía	7,000,000
9	Reino Unido	6,510,000
10	Argentina	5,061,069
11	Kazajstán	3,971,266
12	Dinamarca	3,485,656
13	Estados Unidos de América	3,332,970
14	Polonia	3,048,273
15	Marruecos	2,851,022
16	Irán (República Islámica del)	2,800,000
17	Etiopía	2,101,375
18	Argelia	1,957,327
19	Rumania	1,870,710
20	India	1,780,000

4.5.5 Producción de cebada por estado 2018.

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. SIAP (2020) indicó la producción de cebada para los estados de México del año 2018 (Cuadro 5).

Cuadro 5. Producción de cebada para los estados de México del año 2018.

Orden	Estado	Producción Obtenida en Toneladas
1	Guanajuato	431,827
2	Hidalgo	322,392
3	Sonora	93,369
4	Tlaxcala	87,708
5	Puebla	86,236
6	México	65,799
7	Zacatecas	57,626
8	Coahuila	42,789
9	Durango	32,419
10	Querétaro	28,749

Cuadro 6. Superficie cosechada en ha para los estados de México del año 2018.

Orden	Estado	Superficie Cosechada (ha)
1	Hidalgo	115,114
2	Guanajuato	77,998
3	México	38,130
4	Tlaxcala	35,327
5	Puebla	32,964
6	Zacatecas	26,414
7	Durango	15,068
8	San Luis Potosí	8,778
9	Querétaro	4,711
10	Michoacán	4,601

Cuadro 7. Valor monetario en millones de pesos de la producción de cebada del año 2018.

Orden	Estado	Valor de la Producción (millones \$)
1	Guanajuato	1,841
2	Hidalgo	1,037
3	Tlaxcala	382
4	Puebla	341
5	México	304
6	Zacatecas	220
7	Durango	152
8	Querétaro	137
9	Michoacán	112
10	Jalisco	74

4.6 Crecimiento y desarrollo de la cebada

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 y Grando, 1991).

La influencia de la temperatura en el crecimiento y desarrollo de las plantas es ampliamente reconocida; la temperatura afecta a los procesos de crecimiento como expansión foliar, tasa de asimilación neta, tasa de aparición de hojas y

tasa relativa de crecimiento, así como los procesos de desarrollo como iniciación de primordios foliares, iniciación floral, formación de la espiguilla terminal en trigo o máximo número de primordios en cebada, antesis y madurez fisiológica (López-Castañeda y Richards, 1994b; Kirby, 1995). Las altas temperaturas favorecen mayor actividad metabólica de la planta y mayor velocidad de los procesos fisiológicos determinantes de su crecimiento y desarrollo.

4.6.1 Requerimientos climáticos y edafológicos para el cultivo de la cebada

Clima: Esta planta se desarrolla mejor en climas fresco y moderadamente secos (Pérez, 2010).

Temperatura: Para germinar necesita una temperatura de 6°C. Florece a los 16°C y madura a los 20°C. Es una de las plantas de las cuales puede tolerar bajas temperaturas, un ejemplo de esto es que puede cultivarse hasta los -10°C. (Pérez, 2010).

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, 2010).

4.6.2 Temperatura y humedad

Los factores más importantes que implica el crecimiento y desarrollo de las plantas para tener mayor índice tanto en materia seca, como rendimiento de grano, son la temperatura del medio en la que se rodea el cultivo y la humedad con la que se está manejando. Es por ello que los procesos biológicos como

traspiración, fotosíntesis, evaporación, translocación y crecimiento celular son meramente afectados por la temperatura, mostrando cambios irregulares en el crecimiento de la planta (Stapper y Fischer, 1990).

Para germinar necesita una temperatura de 6°C. Florece a los 16°C y madura a los 20°C. De otra manera influyen en el crecimiento y desarrollo de las plantas; en las etapas iniciales de crecimiento las altas temperaturas generalmente acortan el tiempo requerido para la diferenciación de órganos vegetativos y florales en las plantas, mientras que en las etapas de antesis y llenado de grano, las altas temperaturas pueden causar estrés, sobre todo cuando superan los valores críticos de crecimiento de los cultivos; en trigo el aumento en 1°C en la temperatura del aire durante el crecimiento del grano puede disminuir el rendimiento de grano en 4 % (Stapper y Fischer, 1990).

Wilson y Cooper (1969) reportan que la temperatura puede modificar la anatomía y morfología de las hojas debido a que causa cambios en el tamaño de las células del mesófilo y la anatomía de las estomas lo cual tiene influencia en el proceso de fotosíntesis, Producción y Rentabilidad del Cultivo de la Cebada

El mercado mundial de cebada ocupa el segundo lugar en producción con 14% y México sólo aporta 0.30% para la industria maltera nacional (Bustamante *et al.*, 2007).

Zamora (2008), menciona que el Bajío Guanajuatense es la zona óptima para la producción de semilla de cebada en México y, no obstante, se siembra 23% de la superficie con este cereal y contribuye con 40% de la producción nacional que, por lo regular, se cultiva en valles altos. Esto explicaría en parte, el desabasto que sufre la industria cervecera en México y justifica la importación de grano de cebada maltera y la participación del mejoramiento genético para contar con nuevas variedades que cubran la demanda industrial.

Las principales zonas productoras en México se encuentran en el centro del país, principalmente en los estados de Guanajuato, Hidalgo, Tlaxcala, Estado de México, Puebla y Michoacán. Estados que aportan aproximadamente 90%

de la producción total. En el período 2000-2007, la producción nacional de cebada presentó una tasa de crecimiento media anual de 3.31%, en cambio la tasa de crecimiento de la producción de cebada de los Valles Altos de la mesa central de México registró una tasa de 1.81%, estas estadísticas reflejan la variabilidad climática en la producción en condiciones de temporal, mientras que en condiciones de riego se mantiene o incrementa el crecimiento medio anual de la superficie sembrada y por un mejor control de los factores que intervienen en la producción. La producción nacional de cebada no satisface las necesidades de la industria nacional, por lo que se ha tenido que importar cantidades crecientes de grano pasando de 21 mil toneladas en 2002 a 86 mil toneladas en 2007, la importación de malta ha pasado de 27 mil a 256 mil toneladas en el mismo período. Las importaciones de grano de cebada y malta provienen principalmente de Estados Unidos de América y Canadá (Islas *et al.*, 2008).

4.6.3 Factores que limitan la producción

Solano (2009), indicó que los principales factores que limitan la producción son la escasez de agua y la incidencia de las royas; estas enfermedades tienen la propiedad de crear y generar nuevas razas fisiológicas del hongo, capaces de dañar a las variedades previamente consideradas como tolerantes. Debido a estos problemas el programa nacional de cebada maltera del INIFAP desarrolla nuevas variedades con mayores rendimientos, buena calidad maltera y tolerantes a la roya lineal amarilla, así mismo con la liberación de nuevas variedades de cebada ha sido posible sustituir a las variedades comerciales, cuando éstas se han visto amenazadas por los problemas de enfermedades, lo que ha evitado cuantiosas pérdidas económicas a los agricultores.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Descripción del sitio experimental

El presente proyecto se desarrolló dentro de los campos experimentales de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), Buenavista Saltillo Coahuila (figura 1), con coordenadas geográficas 295247.93 m E, 2805667.35 m N con cota sobre el nivel del mar de 1773 msnm. Sobre la Calzada Antonio Narro 1923, Buenavista. Presenta una precipitación media anual de 424 mm. y una temperatura media anual de 17.7°C.

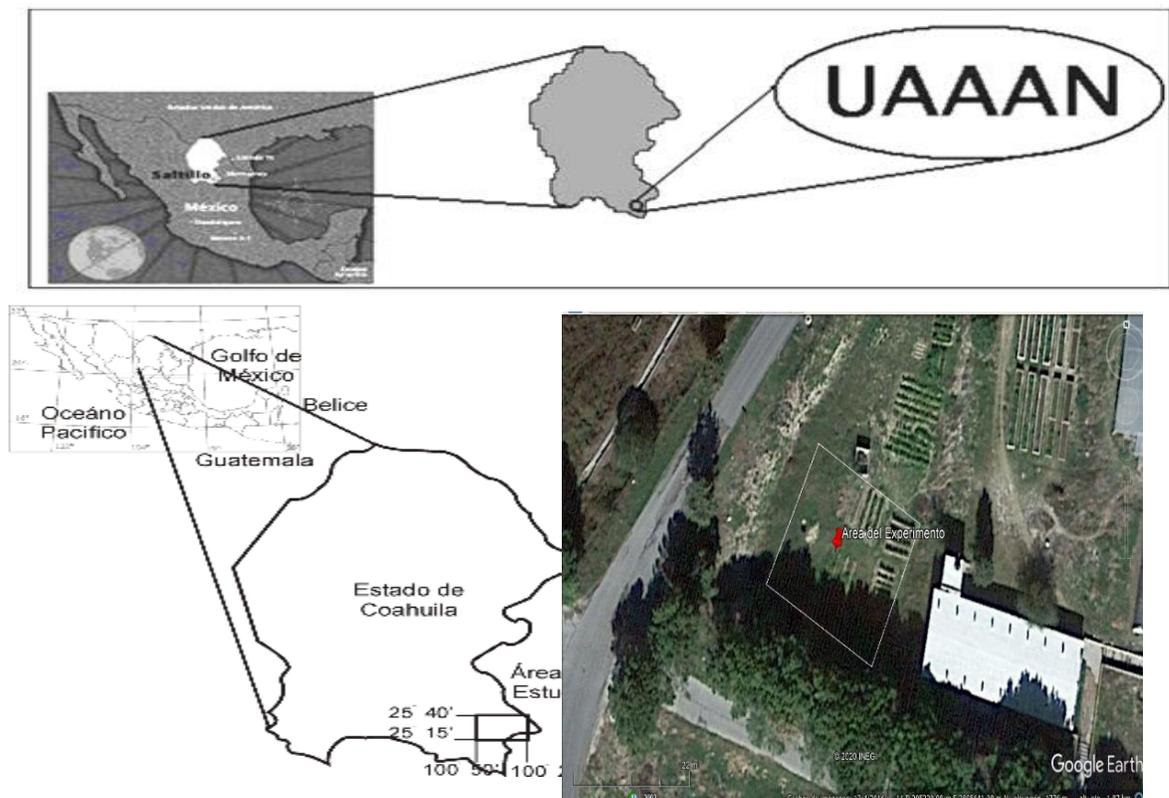


Figura 1. Localización del área experimental, (Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro).

5.2 Establecimiento del experimento

5.2.1 Preparación del terreno

El acondicionamiento del suelo consistió en una labor convencional; eliminación de malezas, barbecho a una profundidad de 30 cm, rastreo y nivelación del terreno para la formación de las camas.

5.2.2 Siembra

La siembra se llevó a cabo el 07 de diciembre del 2019 de ciclo invernal, al voleo a una profundidad menor igual a 5 cm, basándose de densidad de planta de 300 plantas por cama.

5.2.3 Aplicación de los tratamientos

Después de la germinación se realizó la aplicación manual de las dosis para los diferentes tratamientos, con el fin de equilibrar el crecimiento y desarrollo de las plantas, con una constante aplicación, una por semana, con excepción de la aplicación de las bacterias que se realizó cada mes para la fijación de nitrógeno. Cabe destacar que la aplicación fue destinada en estado líquido. La dosis fue la misma para todos los tratamientos de 6 g por cada dos litros de agua por metro cuadrado.

5.2.3.1 Fecha de aplicación de los tratamientos

Cuadro 8. Fecha de aplicación de los materiales del trabajo de investigación

Dosis de Aplicación	
Aplicaciones	Fechas
1	27/12/2019
2	3/01/2020
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

5.2.4 Manejo de las parcelas

Desde el inicio de la siembra se monitoreó el cultivo para su adecuado crecimiento, controlando malezas, eliminando plagas y enfermedades que se presentada en las diferentes etapas del ciclo vegetativo.

Se presentó roya amarilla (*Puccinia glumarium*), la cual fue controlada con la aplicación de azufre sobre las pústulas amarillentas dispuestas en líneas paralelas. El control se llevó a cabo el 8 de febrero y logro erradicar la plaga en un 70 %.

5.3 Desarrollo de las espigas

A los 170 días después de la germinación se presentaron las dos primeras espigas en la repetición uno, del cual el tratamiento 1 mostró muy buen desarrollo, en tanto al tratamiento 2 expuso malas condiciones presentando Carbón Vestido (*Ustilago hordei*).

El día sábado 1 de marzo empezaron a espigar los cinco tratamientos de la repetición 4 presentando muy buen desarrollo.

Domingo 2 de marzo espigo T1, T3 y T5 de la repetición 3, y así para el 5 de marzo espigaron todas las plantas presentado un 97 % en buen desarrollo.

En promedio duraron entre 15 a 20 días en secarse, quedando completamente seco el día 25 de marzo.

5.4 Diseño experimental

Se utilizó un área experimental de 484 m², donde fue evaluada leonardita activada en cebada (*Hordeum vulgare*) variedad GABYAN95, en cuatro presentaciones, más un testigo. El diseño experimental fue completamente al azar con 4 repeticiones. El tamaño de la unidad experimental fue de 33 m² (5 m x 0.5 m, largo por ancho, respectivamente). Se dejó un espacio de 0.5 m entre camas para facilitar el manejo y cuidado del cultivo. Los tratamientos evaluados consistieron en la evaluación de cuatro tratamientos de leonardita activada y un testigo, los cuales fueron: T1 biomasa sólida (Pelett), T2 escara de sólidos (Cristal), T3 leonardita en estado (líquido), T4 cristal más bacterias (figadoras de nitrógeno) y T5 Testigo (agua).

El área experimental (AE) consistió en una parcela de 5 metros de largo por 6.6 metros de ancho, con 5 camas de 5 m por 0.5 m. La densidad de siembra fue de 300 plantas por cama en cada parcela, considerando el peso de los granos y el poder germinativo.

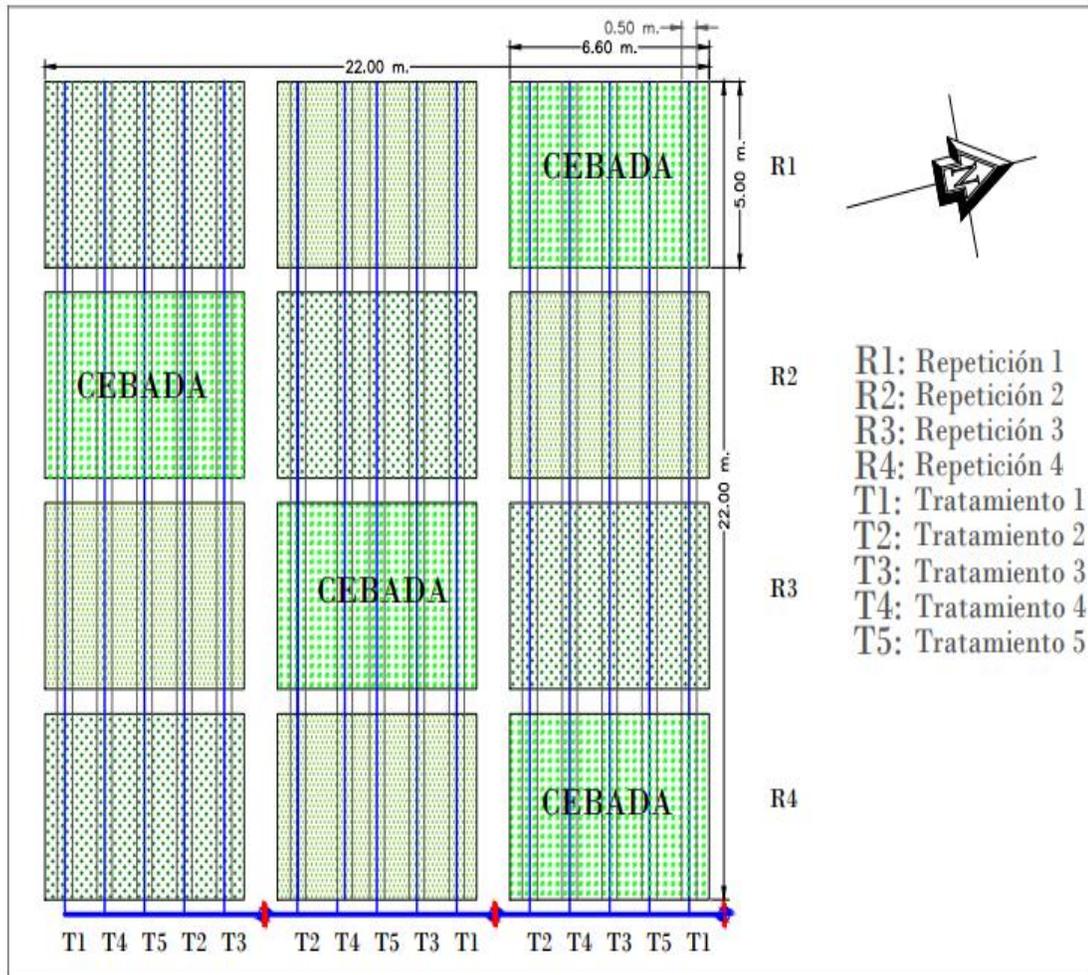


Figura 2. Diseño experimental en el área de estudio

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.

Modo de acción: La leonardita mejora los suelos incrementando la eficiencia en la asimilación de nutrientes y mejorando sus propiedades físico-químico-biológicas. Además, combate problemas de salinidad e incrementa el potencial de descomposición de materia orgánica que mejora la porosidad de los suelos.

En suelos arcillosos disminuye el agrietamiento y así se reduce el estrangulamiento de raíces y cuello de plántulas; en los arenosos mejora la estabilidad de las fuerzas de tensión, por lo que la retención de humedad es mayor.

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
- Principales compuestos de la formulación: sustancias húmicas

Composición porcentual:

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

5.5.2 Tratamiento 2 (CRISTAL)

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

Modo de acción: mejora la estructura del suelo y aumenta la capacidad de retención de agua. Además, aumenta el rendimiento y mejora la calidad de las plantas. Tiene un alto poder de quelatación para los microelementos en los suelos alcalinos y aumenta la disponibilidad para las plantas.

Aumenta y estimula la presencia de microorganismos beneficiosos. Disminuye el estrés inducido por sequías, pesticidas, residuos de herbicidas y sustancias tóxicas; también aumenta la eficiencia de los fertilizantes y la absorción de nutrientes.

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
- Principales compuestos de la formulación: sustancias húmicas

Composición porcentual:

- Ácidos húmicos 68 %
- Ácidos fúlvicos 31 %
- Total, de sustancias húmicas 99 %

5.5.3 Tratamiento 3 (LÍQUIDO)

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.

Modo de acción: La leonardita mejora los suelos incrementando la eficiencia en la asimilación de nutrientes y mejorando sus propiedades físico-químico-biológicas. Además, combate problemas de salinidad e incrementa el potencial de descomposición de materia orgánica que mejora la porosidad de los suelos. En suelos arcillosos disminuye el agrietamiento y así se reduce el estrangulamiento de raíces y cuello de plántulas; en los arenosos mejora la estabilidad de las fuerzas de tensión, por lo que la retención de humedad es mayor.

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
- Principales 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)

La concentración de este tratamiento fue igual al tratamiento 2, lo que implica que contiene las mismas propiedades, con la acepción de aplicaron de las bacterias fijadoras de nitrógeno con el fin de estudiar el comportamiento que toma el cultivo con estas bacterias.

5.5.5 Tratamiento testigo (AGUA)

La muestra del testigo evaluado fue para determinar la comparación que existe al utilizar el producto de leonardita activada. Lo que implica que acá no se utilizó ninguna sustancia más que el agua.

5.6 Variables evaluadas

Se evaluaron 20 plantas elegidas al azar para determinar; Rendimiento del grano o Peso Seco del Grano (PSG), Número de espigas por planta (NEP), Número de granos por planta (NGP), Número de Granos por Espiga (NGE), y Peso Seco de la Espiga por Planta (PSEP).

5.6.1 Peso seco del grano (PSG)

La muestra se tomó de acuerdo con el siguiente procedimiento:

Datos:

Área experimental:

- Ancho: 0.5 m
- Largo: 5 m

Plantas: 300 p

Área= A X L

$$\text{Área} = 0.5\text{m} \times 5\text{m} = 2.5 \text{ m}^2$$

- Se analizaron 5 plantas por surco de cada cama y se procedió a un cálculo de tres simples.

$$300 \text{ plantas} \text{ -----} 2.5 \text{ m}^2$$

$$5 \text{ plantas} \text{ -----} > 0.0416 \text{ m}^2$$

- Se calculó con una regla de tres simples para derivar el resultado.

$$0.0416 \text{ m}^2 \text{ -----} \text{Peso del grano por las 5 plantas}$$

$$1 \text{ m}^2 \text{ -----} \text{ peso en gramos}$$

$$\text{Peso en gramos} \times 10000 = \text{kg ha}^{-1}$$

5.6.2 Número de espigas por planta (NEP)

De las 20 plantas colectadas se contaron el número de espigas por plantas, lo cual fue determinar y clasificar las espigas por número de hijuelos que contenía cada planta, después de ello se contabilizó y se realizó un promedio para tener un resultado de la parcela experimental analizada.

5.6.3 Número de granos por espigas (NGE)

Para determinar (NGE) se procedió a contar grano por grano de cada espiga que contenía una planta, lo que se realizó el mismo procedimiento para las 20 plantas analizadas del experimento, presentando así un resultado promedio para este proyecto de investigación.

5.6.4 Número de granos por planta (NGP).

El proceso de la determinación de número de granos se llevó a cabo bajo las 20 plantas estudiadas, lo cual se separó todas las espigas que contenía cada planta y se contabilizó grano por grano de cada espiga, para obtener un resultado promedio.

5.6.5 Peso seco de la espiga por planta (PSEP)

Lo único que se analizó fue el peso de todas las espigas por planta, para hacer una comparación en relación al rendimiento (entre mayor sea el peso de la espiga, mayor será el rendimiento de granos).

5.7 Análisis estadístico

El experimento fue desarrollado utilizando un diseño completamente al azar, con 5 tratamientos y 4 repeticiones. Para el análisis estadístico se utilizó el

programa Statistical Analysis Systems (SAS) versión 9.1 para Windows mismo que aporta un análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias por el método de Tukey HSD ($p \leq 0.05$). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

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

Donde:

Y_{ij} = Es la respuesta obtenida con el tratamiento i-ésimo con la repetición j-ésimo

μ = Es la media general.

τ_i = Efecto del i-ésimo tratamiento.

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

ε_{ij} = Efecto de los errores experimentales de cada unidad

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

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de varianza (ANVA) mostró diferencias significativas ($p < 0.05$) para las variables, Peso Seco de Grano (PSG), Número de Espiga por Planta (NEP) y Peso Seco de Espiga por Planta (PSEP) entre tratamientos (cuadro 9), indicando que el T3, fue el que tuvo estadísticamente mayores valores que el resto de los tratamientos. Los resultados presentan un rendimiento similar con los que presentó (López-Castañeda, 2013). Donde indica que la cebada presenta un rendimiento de (PSG) de 5.5 t ha^{-1} , en condiciones de manejo adecuado, ya que las deficiencias hídricas del suelo que con frecuencia coinciden con las etapas de floración y llenado de grano, puede reducir severamente el rendimiento y calidad del grano.

Para las variables, Número de Grano por Planta (NGP) y Número de Grano por Espiga (NGE) no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) entre tratamientos (cuadro 9), lo que representa que no hubo efecto en la forma en que se aplicó leonardita activada o simplemente sin aplicarla, sobre la producción de grano por planta en cebada (*Hoedem vulgare*).

Cuadro 9. Valores promedios de las variables para el rendimiento de cebada en los cinco tratamientos.

Tratamientos	PSG (kg/ha)	NEP	NGP	NGE	PSEP (kg)
T1	4436.60 ab	2.68 ab	151.20 a	56.81 a	0.0061 ab
T2	4265.60 ab	2.56 ab	147.04 a	57.22 a	0.0057 ab
T3	5385.50 a	2.92 a	172.48 a	59.46 a	0.0073 a
T4	4264.70 ab	2.56 ab	124.68 a	49.59 a	0.0059 ab
T5	3192.50 b	2.32 b	130.96 a	56.73 a	0.0044 b
CV (%)	14.53	9.93	15.30	16.29	12.92

Valores con la misma letra, en cada columna, son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $p \leq 0.05$). PSG (Peso Seco de Grano), NEP (Número de Espigas por Planta), NGP (Número de Granos por Planta), NGE (Número de Granos por Espiga), PSEP (Peso Seco de Espiga por Planta). T1 = Leonardita activada (Pellet), T2 = Leonardita activada (Crista), T3 = Leonardita activada (Líquido), T4 = Leonardita activada (Cristal + bacteria), T5 = Testigo (agua).

6.1 Peso seco de grano (PSG)

Para esta variable, de acuerdo al análisis de varianza (ANVA) realizado, se puede observar que los tratamientos obtuvieron efecto altamente significativo (cuadro 9). También de manera gráfica, se puede apreciar que el T3, T1, T2 y T4 superaron en un 69 %, 40 %, 34 %, 34 %, respectivamente al testigo (figura 3).

En el cuadro 9 se presentan los resultados de comparaciones con tratamientos de acuerdo a los valores estadísticos testigo (T5), teniendo una diferencia de variación altamente significativa (b) como referencia, además de ello podemos comprobar que los tratamientos (T1, T2 y T4) asemejan valores muy parecidos estadísticamente, por lo que su valor medio es 4,322.3 kg/ha.

El rendimiento promedio de los tratamientos obtenidos en esta investigación fue de 4588.1 kg/ha, Donde el T3 presentó mayor valor estadístico. De tal manera que los resultados coinciden con los arrojados por (López-Castañeda, 2013; FAO, 2018), donde indica que la cebada tuvo un buen rendimiento de grano.

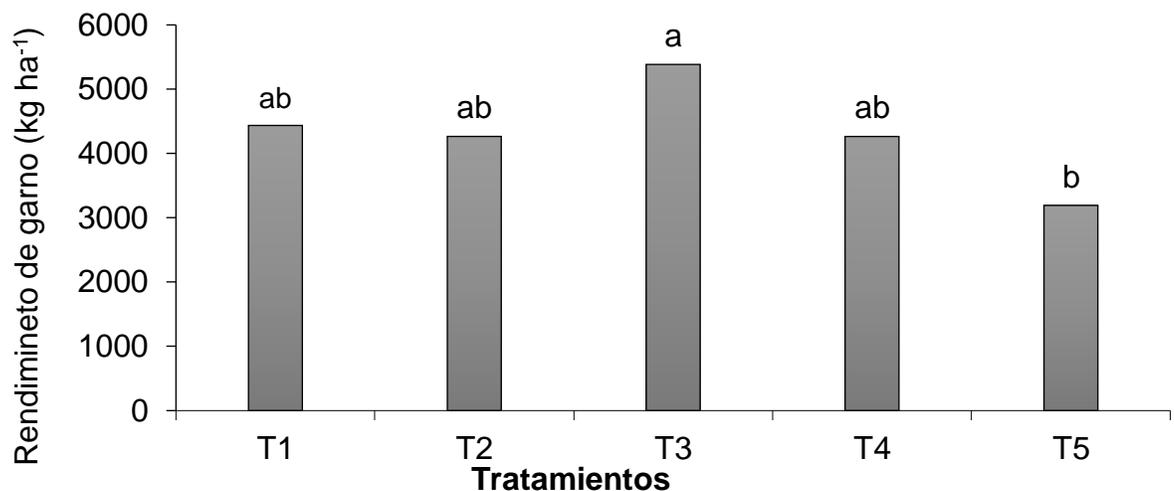


Figura 3. Redimiendo de grano (kg ha⁻¹) en cebada (*Hordeum vulgare*).

Valores con la misma letra son estadísticamente iguales entre sí (Tukey, $p \leq 0.05$). T1 = Leonardita activada (Pellet), T2 = Leonardita activada (Cristal), T3 = Leonardita activada (Líquido), T4 = Leonardita activada (Cristal + bacteria), T5 = Testigo (agua).

6.2 Número de espigas por planta

Para esta variable, de acuerdo al análisis de varianza (ANVA) calculado, se puede observar que los tratamientos obtuvieron efecto altamente significativo (cuadro 9). También de manera gráfica, se puede apreciar que el T3, T1, T2 y T4 superaron en un 26 %, 16 %, 10 %, 10 % respectivamente al testigo, figura 4.

En el cuadro 9 se presentan los resultados del análisis de varianza que mostro diferencias significativas relativamente mayor en T3, mencionando que en los tratamientos T1, T2, T4 no presentan valores dispersantes, por la que tienen un análisis estadístico muy similar, sin embargo es considerable mencionar que, dentro del campo experimental, el tratamiento que presenta menor índice de espigas por planta es el testigo T5, con un promedio de 2.3 E/P.

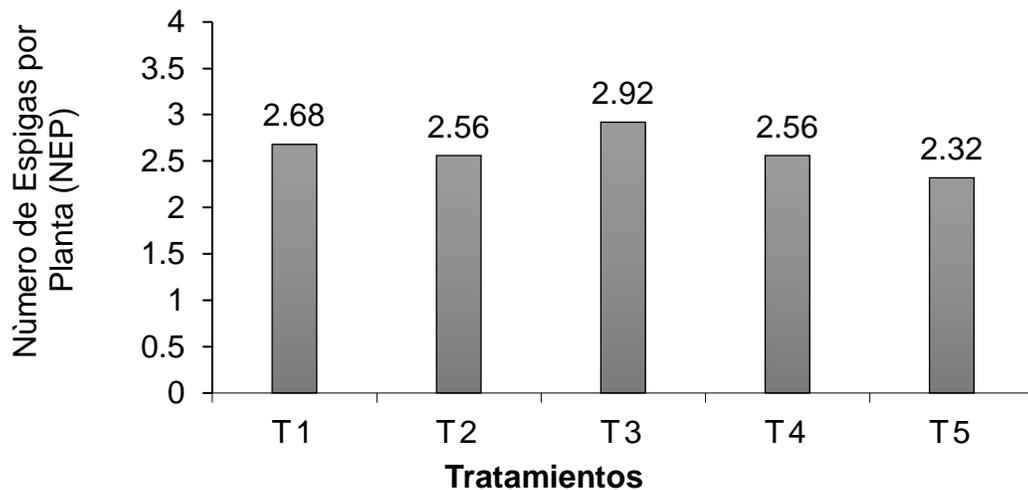


Figura 4. Comportamiento de Espigas por Planta en cada tratamiento.

De tal manera se deduce que, a mayor número de espigas por planta mayor es el rendimiento de granos, pero en realidad si comparamos una espiga que esté completamente lleno de granos, con otra espiga que tenga la mitad de granos, habría un error experimental muy inaceptable, es por ello que baja el porcentaje para estimar el rendimiento de grano.

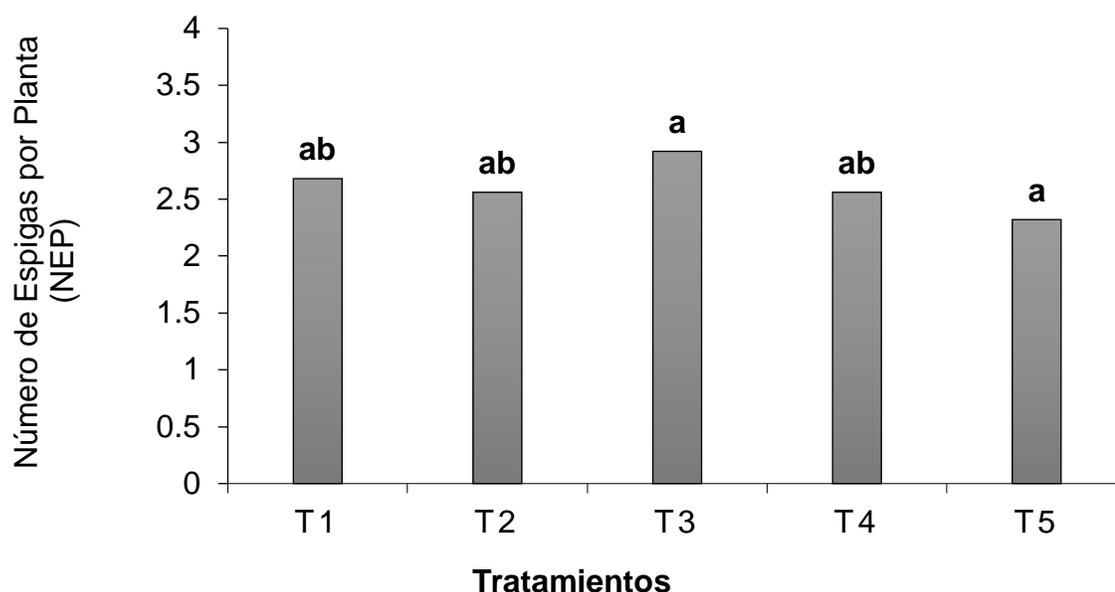


Figura 5. Comportamiento del Número de Espigas por Planta en los tratamientos analizados

6.3 Número de granos por espiga

Para esta variable de acuerdo con el análisis de varianza (ANVA), se puede observar que los tratamientos obtienen efecto no significativo (Cuadro 9). También de manera gráfica, se puede apreciar que el T3, T2 y T1 superaron en un 5 %, 1 %, 1 %, respectivamente con el testigo evaluado. pero el testigo superó en un 12. 5 % en relación al tratamiento 4 (Figura 6). Sin embargo, es considerable mencionar que se comporta de manera favorable el tratamiento T3, con un promedio de 59.465 granos por espiga, T1, T2, T4, T5 con promedio de 56.813, 57.220, 49.590, 56.735 respectivamente mostrándose en cuadro 9. Lo cual coincide con los resultados obtenidos por (López-Castañeda, 2013). Lo cual, al iniciarse el estrés hídrico severo típico de ambientes con sequía terminal, se refleja en una reducción en el número de granos por espiga y granos m⁻² (Siddique *et al.*, 1989).

De tal forma que la leonardita activada en su forma líquida influye muy poco en consideración al número de granos por espiga, de otra forma favorece en cuestión del peso del grano.

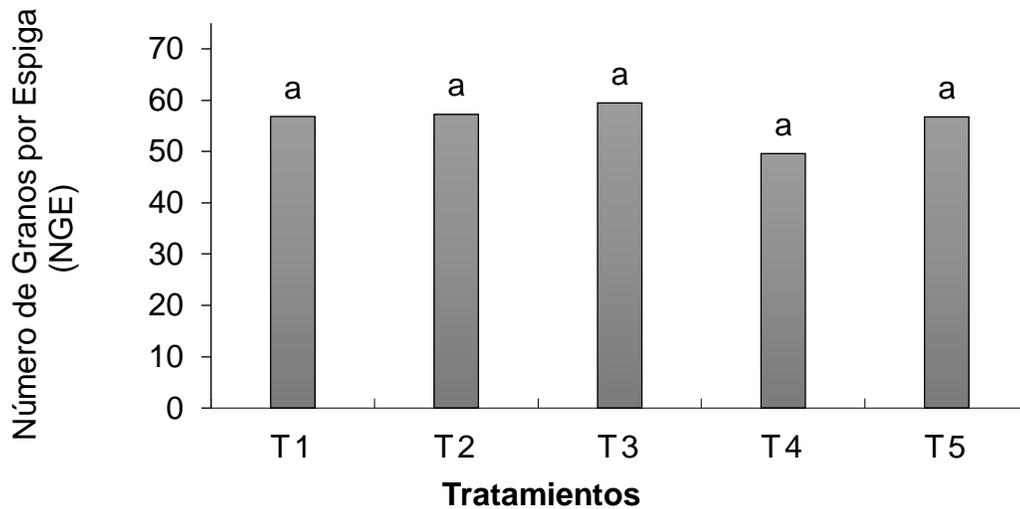


Figura 6. Comportamiento del número de granos por espiga con valores estadísticos no significativos.

6.4 Número de grano por plantas

En base a la significancia registrada para este parámetro, se realizaron pruebas de comparación completamente al azar de medias correspondientes mostradas en el Cuadro 9, encontrándose que los tratamientos no presentan diferencias significativas, por lo que los cinco tratamientos experimentados obtuvieron valores muy parecidos estadísticamente, con un coeficiente de variación de 15.3 %.

Podemos observar que los tratamientos no tuvieron efecto significativo ($p > 0.05$; cuadro 9). Sin embargo, de manera gráfica, se puede apreciar que el T3, T1 y T2 superaron en un 32 %, 15 %, 12 %, respectivamente al testigo evaluado. Pero el mismo superó al T4 con un 5% (Figura 7).

En lo que respecta a la comparación de mayor número de granos por tratamiento fue el T3, con 172.48 granos por planta.

Dentro del campo experimental no se presentó variabilidad en cuestión del número de grano por planta, de tal manera que la cantidad de granos que hay en una planta, influye en el rendimiento siempre y cuando tengan un peso promedio al rango aceptable para la producción y exportación del producto.

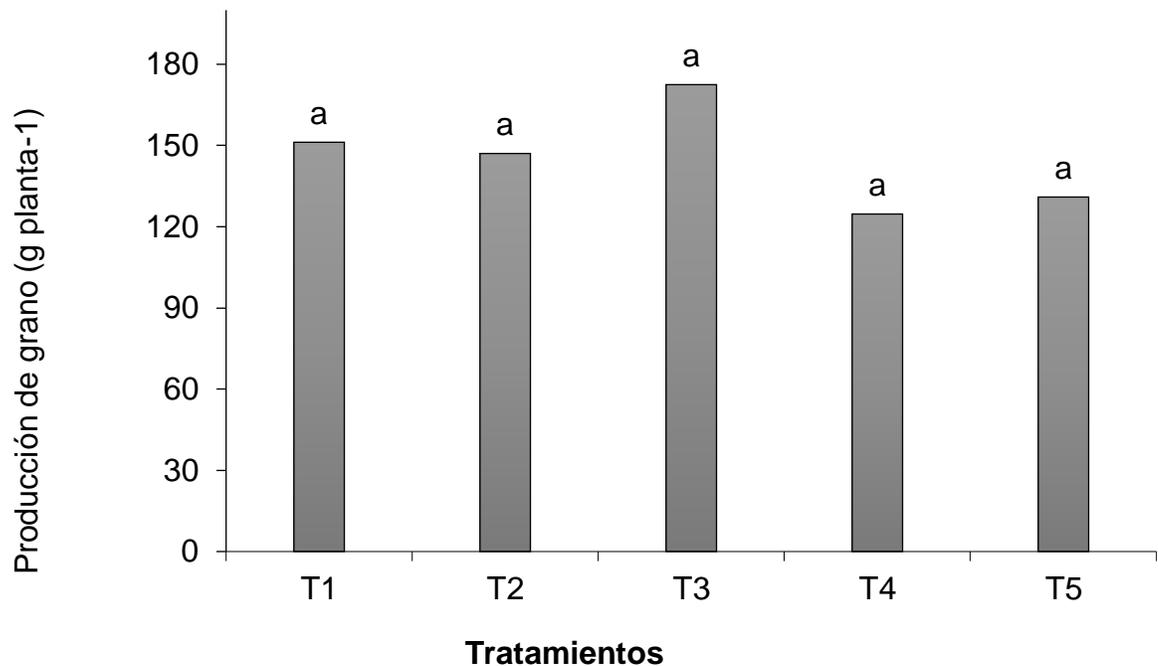


Figura 7. Comportamiento del número de granos promedios por planta con valores estadísticos no significativos.

Diferente literal minúscula, entre barras, indica diferencia entre tratamientos ($p \leq 0.05$). T1 = Leonardita activada (Pellet), T2 = Leonardita activada (Crista), T3 = Leonardita activada (Líquido), T4 = Leonardita activada (Cristal + bacteria), T5 = Testigo (agua).

6.5 Peso Seco de la espiga por planta

Para esta variable, de acuerdo con el análisis de varianza (ANVA), se puede observar que los tratamientos resultan con efecto altamente significativo (Cuadro 9). También de manera gráfica, se puede apreciar que el T3, T1, T4 y T2 superaron en un 65 %, 38 %, 34 %, 30%, respectivamente con el testigo evaluado, (Figura 8). Los valores promedios en cuanto al peso seco de la espiga se presentan en el (cuadro 10).

Cuadro 10 . Valores promedios presentados en kg con relación al peso seco de la espiga por planta.

Tratamientos	Peso en Kg
T3	0.0073
T1	0.0061
T4	0.0059
T2	0.0057
T5	0.0044

Con relación a los valores estadísticos del análisis de varianza analizó el experimento, lo cual los tratamientos utilizados interactuaron de la misma forma en el proceso de desarrollo y crecimiento de la planta, al hacer la relación indica que entre mayor es el peso de la espiga mayor es el rendimiento de grano.

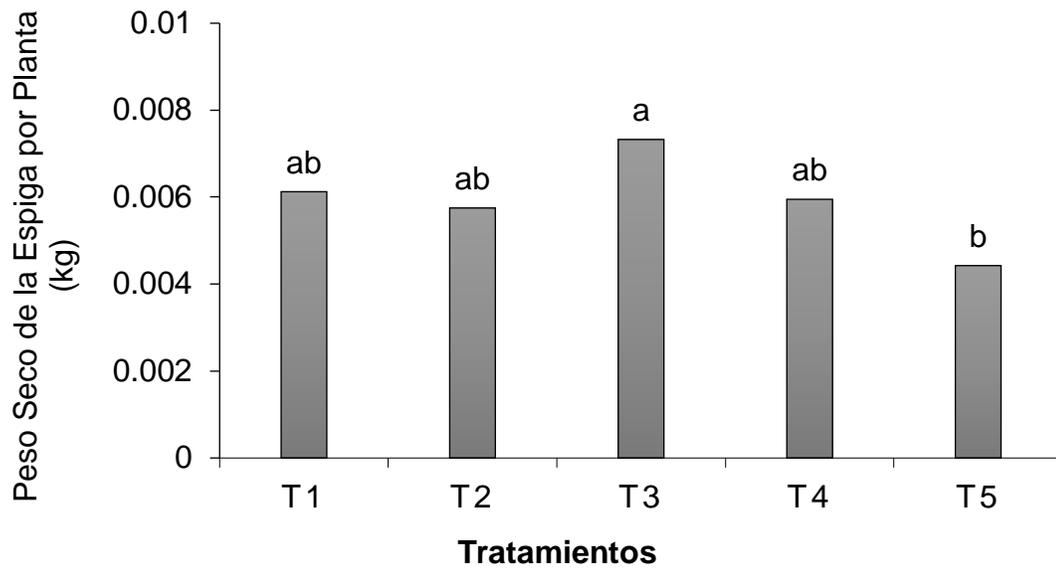


Figura 8. Comportamiento del peso seco promedio de espigas por plantas con valores estadísticos significativos.

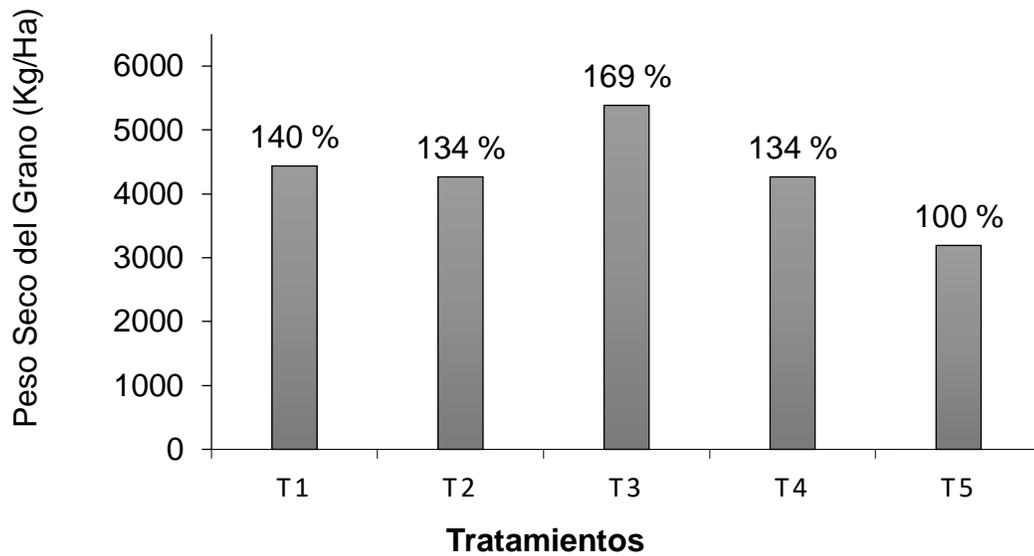


Figura 9. Valores presentados en porcentaje del peso seco de grano.

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a las condiciones bajo las cuales se condujo la presente investigación se llegó a las siguientes conclusiones:

1. En base al comportamiento de las variables de los tratamientos experimentados, se afirma que el material más sobresaliente para producir mayor peso seco de granos de cebada variedad GABYAN95 en el ciclo invierno-primavera, en el municipio de Saltillo, estado de Coahuila, es el tratamiento tres (leonardita activada en forma líquida).
2. Dentro de los cinco materiales que se evaluaron en el experimento, el tratamiento que tuvo más efecto en relación a mayores índices de valores estadísticos fue el tratamiento número tres. con un rendimiento de peso seco de grano promedio de 5385.5 kg ha⁻¹ lo que indica la mejor opción para obtener mejor rendimiento de grano.
3. De los cuatro tratamientos experimentados todos demostraron ser capaz de producir mayor peso seco de grano en comparación al testigo (T5 “agua”). Lo que indica que la hipótesis fue comprobada.

VIII. LITERATURA CITADA

ÁLVAREZ DÍAZ, PAULINO A., (2006). luna flores, maximino, hernández martínez, josé, lara herrera, alfredo, salas luévano, miguel ángel, & cabañas cruz, bertoldo. sistemas de producción de cebada maltera (*hordeum vulgare* L.) en el estado de zacatecas, méxico. agricultura técnica en méxico, 32(2), 181-190. recuperado en 12 de mayo de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0568-25172006000200006&lng=es&tlng=es.<http://www.fao.org/worldfoodsituati>on/csdb/es/.

BUSTAMANTE GJO; CAAMAL CI; GÓMEZ GAA (2007). Producción y rentabilidad del cultivo de la cebada en el estado de Tlaxcala (en línea) Disponible en: <http://www.chapingo.mx/investigación/pronisea/pro8.htm>. Consulta: 11/05/2020.

CASTAÑEDA SAUCEDO, MA. CLAUDIA; (2004) López Castañeda, Cándido; Molina Moreno, Juan; Colinas León, Teresa B.; Livera Hernández, Adrián Crecimiento y desarrollo de cebada y trigo Revista Fitotecnia Mexicana, vol. 27, núm. 2, abril-junio, , pp. 167-175 Sociedad Mexicana de Fitogenética, A.C. Chapingo, México. [citado 11-05-2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/610/61027207.pdf>

CECCARELLI S, S GRANDO (1991) Selection environment and environment sensitivity in barley. Euphytica 57: 157-167.genotypes. New Phytol. 68:1115-1123.

FAO (2020) (organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura)., disponible en: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/#:~:text=El%20pron%C3%B3stico%20de%20la%20FAO,el%20r%C3%A9cord%20alcanzado%20en%2020>.

FAOSTAT, (2020). (organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura).

GOMEZ MERCADO, (2009) René et al. Estimación del rendimiento de cebada (*Hordeum vulgare* L.) maltera con el método FAO. *Agric. Téc. Méx* [online]., vol.35, n.1 [citado 2020-05-11], pp.13-23. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000100002&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0568-2517.

GÓMEZ, M. R.; TURRENT, F. A.; ORTIZ, S. C. A. Y PEÑA, O. B. (2001). Productividad en cebada maltera. I. Uso de factoriales 2k en el estudio integrado de factores controlables e incontrolables. *Agric. Téc. Méx.* 27:84-94.

HUGHES, H.D., M.E. HEATH Y D.S. METCALFE. (1974). La cebada 2010. Forrajes, Ed. CECSA, México p.343-373.<http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html> Consultado: 12 de mayo de 2020.

INEC (2010), Instituto Nacional de Estadística y Censos.

ISLAS, G. J.; ZAMORA, D. M. Y AYALA, F. S. I. (2008). Costos de producción y rentabilidad de cebada en los Valles Altos de la mesa central. In: Recorrido de campo sobre el cultivo de cebada maltera. SAGARPA-CEVAMEX-INIFAP. Texcoco, Estado de México.

JESÚS MIGUEL PÉREZ (2010), morfología y taxonomía de la cebada. Disponible en: <http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html> Consultado: 12 de mayo de 2020.

LÓPEZ-CASTAÑEDA C, R A RICHARDS (1994A) Variation in temperate cereals in rainfed environments. I. Grain yield, biomass and agronomic characteristics. *Field Crops Res.* 37: 51-62.

LÓPEZ-CASTAÑEDA C, R A RICHARDS (1994B) Variation in temperate cereals in rainfed environments. II. Phasic development and growth. Field Crops Res. 37: 63-72.

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

MAPA (2010) Patogenos de plantas descritos en España, Ed 2ª. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentacion, Secretaria General Tecnica, Centro de Publicaciones

MOLINA C J L (1989) La Cebada. Mundi-prensa. Madrid, España. 252 p.

NATALIA GARCÍA MARIÑO, (2015) selección vitro para resistencia a boro y deoxiivaleol de cebada. marcadores asociados. tesis doctoral zaragoza, abril

OLGA LILIA HERNÁNDEZ MARTÍNEZ (2006), tesis: Productividad Forrajera de Nuevas Líneas de Cebada Imberbe (*Hordeum vulgare* L.) en Tres Ambientes del Norte de México.

PÉREZ, M (2010), LA CEBADA. HUGHES, H.D., M.E. HEATH Y D.S. METCALFE. 1974. Forrajes, Ed. CECOSA, México p.343-373.<http://lacebada10.blogspot.com/2010/06/morfologia-y-taxonomia-de-la-cebada.html> Consultado: 12 de mayo de 2020.

RAMÍREZ-NOVOA (2014). [et al. Manejo agronómico de cebada maltera. Rendimiento de semilla. Ciencia y Tecnol. Agrop. México Vol. 2, Núm. 1: 24-29 (citado 2020-05-11]. Disponible en: <<http://www.somecta.org.mx/Revistas/somectavol.2.1/4.%20CYTAM-2014-07.%20JOSEA.RANGELLUCIO.pdf>>

SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). 2014.

SIACON (2007), Sistema de Información Agropecuaria de Consulta (SIACON). 2007. Anuario estadístico de la producción agrícola. SAGARPA. México.

SIAP (2020), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (citado 18/05/2020 a las 08:54 am. Disponible en <https://www.gob.mx/siap>.

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

SOLANO HERNÁNDEZ, SALOMÓN, ZAMORA DÍAZ, MAURO, GÁMEZ VÁZQUEZ, FRANCISCO PAÚL, GARCÍA RODRÍGUEZ, JUAN JOSÉ, SÁNCHEZ DE LA CRUZ, RICARDO, IRETA MORENO, JAVIER, DÍAZ ESPINO, FEBRONIO, & GARZA GARCÍA, RAMÓN. (2009). Alina, nueva variedad de cebada maltera para riego en El Bajío. *Agricultura técnica en México*, 35(4), 471-473. Recuperado en 12 de mayo de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172009000400012&lng=es&tlng=es.

STAPPER M, R A FISCHER (1990) Genotype, sowing date and plant spacing influence in high-yielding irrigated wheat in southern New South Wales. III. Potential yields and optimum flowering dates. *Aust. J. of Agric. Res.* 41: 1043-1056.

WILSON, D. Y J. P. COOPER. (1969). Effect of temperature during growth on leaf anatomy and subsequent lightsaturated photosynthesis among contrasting *Lolium*

ZAMORA DÍAZ, (2008). MAURO, SOLANO HERNÁNDEZ, SALOMÓN, GÓMEZ MERCADO, RENÉ, ROJAS MARTÍNEZ, ISRAEL, IRETA MORENO, JAVIER, GARZA GARCÍA, RAMÓN, & ORTIZ TREJO, CEFERINO. Adabella: variedad de cebada maltera para valles altos de la mesa central de México. *Agricultura técnica en México*, 34(4), 491-493. Recuperado en 11 de mayo de 2020, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0568-25172008000400012&lng=es&tlng=es