

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**  
**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



Perfil Nutricional Del Trigo “Pelón Colorado” Evaluado Con Diferentes Niveles De  
Leonardita Cristalizada

Por:

**José Iván Vera Romero**

TESIS

**Presentada como requisito parcial para obtener el título de:**  
**Ingeniero Agrícola y Ambiental**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO DE SUELOS

Perfil Nutricional Del Trigo "Pelón Colorado" Evaluado Con Diferentes Niveles De  
Leonardita Cristalizada

POR:

**José Iván Vera Romero**

TESIS

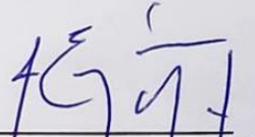
Que somete a consideración del H. Jurado Examinador como  
requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

**A P R O B A D A**



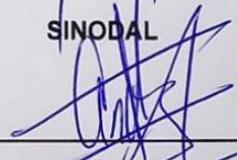
\_\_\_\_\_  
**MC. Fidel Maximiano Peña Ramos**  
**PRESIDENTE DEL JURADO**



\_\_\_\_\_  
**Dr. José Eduardo García Martínez**  
**SINODAL**



\_\_\_\_\_  
**MC. Laura Maricela Lara López**  
**SINODAL**



\_\_\_\_\_  
**Dr. José Antonio González Fuentes**  
**SINODAL**



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

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO.**

**DICIEMBRE DE 2024.**

### Declaración de no plagio

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarlas como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización, medio público o privado.

Autor principal



---

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco primeramente a mi dios, por darme la fuerza necesaria para superar todos los desafíos que se presentaron en mi avance hasta este punto de mi carrera. Por ser la guía de mi camino, y porque gracias a la fe que en él he depositado, he sido favorecido con la bendición de poder culminar de manera satisfactoria mi estancia en mi bellísima universidad, que llevaré por siempre en mi memoria y en mi corazón.

A mi familia principal, mi madre y hermano, que no ha escatimado esfuerzos para hacerme saber que siempre estarán ahí para mí, a pesar de la distancia que nos separa. Es tan simple, y a la vez tan complejo, que el lugar al que yo llamaré hogar, será ahí donde ellos estén.

A mi mejor amigo y su familia, que me ha tratado como un integrante más; que me han mostrado una confianza tal, que pude sentir el aprecio con acciones, sin necesidad de palabras.

A mi madrina LeSa, que ha sido, desde hace años, mi soporte emocional.,

A mis amigos en general (no terminaría de contarlos nunca), y a la bandera del M2, ya que los buenos momentos han sido un ancla en el mar de mis pensamientos, cuando no todo estuvo saliendo bien.

Al equipo de voleibol de la universidad, que empezó como el deseo de superarme a mí mismo, y acabo convirtiéndose en mi lugar favorito de la UAAAN, y sus integrantes en mi segunda familia.

A mi profesor Edmundo Peña, que, con un increíble carisma, alentó mis deseos de aprender, que me motivaron a ser un mejor ingeniero y una mejor persona. Desearía que pudiera haber visto esta investigación culminada. QDEP.

A mi buen amigo y profesor Fidel Maximiano Peña Ramos, que apoyo el proceso de elaboración de la presente investigación con un grado de seriedad excelente, que nos permitió concluir dicha investigación de manera satisfactoria.

## Dedicatoria

Me gustaría dedicar el fruto de tanto esfuerzo a mi familia:

A mi madre, **Julia Romero Espínola**, esperando que pueda compartir conmigo la culminación de la carrera, ya que es la primera persona con quien me gustaría compartir mi felicidad. En mi hogar fui feliz, y dejarlo no fue sencillo; por ello, sé que estarán conmigo siempre, con un asiento en primera fila en mi mente y corazón.

A mi hermano, **Edgar Eduardo Vera Romero**, que cuya mezcla de inmadurez y perseverancia fue mi apoyo para la toma de decisiones, qué en su mayoría, fueron mi guía para llegar a donde actualmente me encuentro. Y porque con él, la noción de error no existía; todo se resumía a ganar o aprender.

A mi mascota, **Marvel**, que supo transmitirme afecto de una forma que superó la barrera del lenguaje. Ese apoyo moral ha sido clave en mi formación como ser humano.

A mi segunda familia, que ha puesto tanta confianza en mí, que realmente no podría compensar con nada del mundo.

A los profesores que me asesoraron en todo momento, ya que por su apoyo y esfuerzo fue posible realizar esta investigación, y a través de su experiencia, fue posible realizar una adecuada interpretación de los resultados.

A los amigos que estuvieron siempre presentes, porque con ellos se entiende que no es necesario compartir un espacio físico para transmitir apoyo y gratitud.

A la santa eminencia del ranchito, San Yore, que a base del inicio de su culto logró hacer que mis días universitarios fueran más divertidos

# Índice de contenido

## Contenido

Índice de contenido .....	i
Índice de cuadros .....	iv
Índice de figuras .....	v
Resumen .....	1
Abstract .....	2
I. Introducción .....	3
II. Objetivos .....	5
2.1 Objetivo general .....	5
2.2 Objetivo específico .....	5
III. Hipótesis .....	5
IV. Revisión de literatura .....	5
4.1 Cultivo de trigo .....	5
4.1.1 Origen .....	5
4.1.2 Condiciones edafoclimáticas .....	6
4.1.2.1 Temperatura .....	7
4.1.2.2 Suelo .....	7
4.1.2.3 Agua .....	7
4.1.2.4 Fotoperíodo .....	8
4.1.2.5 Riego .....	8
4.1.3 Importancia .....	8
4.1.4 Taxonomía .....	10
4.1.5 Morfología .....	10

4.1.6	Plagas y enfermedades.....	12
4.1.6.1	Plagas .....	12
4.1.6.2	Enfermedades .....	14
	Enfermedades causadas por hongos (influenciadas por humedad y temperatura) .....	14
	Enfermedades causadas por bacterias .....	17
4.1.7	Perfil nutricional del trigo .....	18
4.1.8	Producción de trigo nacional .....	19
4.1.9	Producción de trigo en Coahuila .....	21
4.2	Leonardita .....	21
V.	Materiales y métodos .....	22
5.1	Descripción del área experimental.....	22
5.2	Características edáficas del terreno de cultivo.....	23
5.3	Clasificación edafoclimática del área experimental.....	23
5.4	Preparación del área experimental .....	24
5.4.1	Preparación del terreno .....	24
5.4.2	Siembra .....	24
5.4.3	Riego .....	24
5.4.4	Aplicación del tratamiento .....	24
5.4.5	Calendario de aplicación de los tratamientos .....	24
5.4.6	Diseño experimental.....	25
5.5	Propiedades físico-químicas de los tratamientos.....	26
5.5.1	T1 – Tratamiento testigo (agua) .....	27
5.5.2	T2 – Leonardita cristalizada disuelta en agua, en concentración de 1.5 g/l	

5.5.3	T3 – Leonardita cristalizada disuelta en agua, en concentración de 2.5 g/l	27
5.5.4	T4 – Leonardita cristalizada disuelta en agua, en concentración de 5 g/l	27
5.6	Variables evaluadas.....	27
5.6.1	Peso seco de la planta .....	27
5.6.2	Materia seca total .....	28
5.6.3	Ceniza total .....	28
5.6.4	Fibra cruda .....	28
5.6.5	Extracto etéreo .....	28
5.6.6	Proteína cruda .....	29
5.6.7	Extracto libre de nitrógeno.....	29
5.6.8	Energía neta de mantenimiento (ENm) .....	29
5.6.9	Energía neta de ganancia (ENg) .....	29
5.6.10	Energía neta de lactancia (ENI) .....	30
VI.	Resultados y discusión.....	30
VII.	Conclusiones.....	36
VIII.	Literatura citada.....	37
IX.	Anexos.....	42

## Índice de cuadros

Cuadro no. 1: Valores nutricionales del salvado de trigo. Adaptado de (Chaquilla-Quilca, et al., 2018).....	9
Cuadro no. 2: Clasificación taxonómica del trigo, propuesta por (Lineo, 1753).....	10
Cuadro no. 3: Comparación de valores nutricionales de trigo con los sistemas FEDNA, CVB, INRA, NRC y el sistema de Brasil (Sola Oriol, 2019). .....	19
Cuadro no. 4: Producción total nacional (SIAP, 2023).....	19
Cuadro no. 5: Producción de trigo (expresada en toneladas) en Coahuila en 2023 (SIACON, 2023).....	20
Cuadro no. 6: Producción de trigo (expresada en toneladas) en Coahuila en 2023 (SIACON, 2023).....	21
Cuadro no. 7: Fecha de aplicación de los tratamientos.....	25
Cuadro no. 8. Valores promedios de PSP y PSG, con la adición de leonardita cristalizada.....	31
Cuadro no. 9. Cuadrados medios y significancia estadística para las características del perfil nutricional, producido por leonardita cristalizada a diferentes concentraciones. ....	36
Cuadro no. 10: Datos para el procedimiento ANVA.....	42
Cuadro no. 11: Análisis físico-químico del suelo HAPLARGID, obtenido de (Linares, 2022). ..	43
Cuadro no. 12: Análisis físico-químico del suelo CAMBORTHIDS, obtenido de (Linares, 2022).....	43

## Índice de figuras

Figura No. 1: Ubicación del campo del cultivo experimental en Saltillo, Coahuila ((Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) fuente: Google Earth, división política (geoportal Conavio) .....	23
Figura No. 2: Diseño experimental aplicado al área de estudio .....	25
Figura No. 3. Peso seco de planta (A) y Peso seco de grano (B) de trigo al adicionar leonardita cristalizada.....	31
Figura No. 4. Porcentaje de Ceniza total y Proteína cruda de trigo al adicionar leonardita cristalizada .....	33
Figura No. 5. Porcentaje de Fibra cruda (A), Biomasa (B), Extracto etéreo (C) y Extracto libre de nitrógeno (D) de trigo al adicionar leonardita cristalizada. ....	34
Figura No. 6. Energía neta de mantenimiento (A), Energía neta de ganancia (B) y Energía neta de lactancia (C) de trigo al adicionar leonardita cristalizada. ....	36

## Resumen

La presente investigación se realizó con la finalidad de determinar si la aplicación de leonardita cristalizada disuelta en el agua de riego para el cultivo de trigo (de la variedad pelón colorado), podría tener un efecto en su perfil nutricional, pues se planteó la hipótesis de que adicionar leonardita al cultivo, por su contenido de ácidos húmicos y fúlvicos, podría afectar de manera positiva el valor nutricional y el valor forrajero del trigo.

El experimento se realizó en las instalaciones ubicadas al interior de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. El experimento abarcó el período comprendido entre el domingo 9 de julio de 2023 y el 22 de septiembre del 2023, con un total de 75 días acumulados. El diseño experimental aplicado para este experimento fue un modelo de diseño completamente al azar, con 4 tratamientos, y 4 repeticiones por tratamiento, respectivamente. El tamaño del área experimental fue de 576 m<sup>2</sup>, el tamaño de cada repetición fue de 8 m<sup>2</sup> (5 m x 1.6 m, largo por ancho) y se dejó un espacio de 0.5 m entre camas y 1 m entre repetición para facilitar el manejo y cuidado del cultivo.

Los resultados de los análisis de varianza mostraron diferencia significativa entre los tratamientos ( $p \leq 0.05$ ), además de tener de igual manera diferencias entre la comparación de medias de los valores del perfil nutricional del cultivo de trigo.

## Abstract

The present investigation was carried out with the purpose of determining whether the application of crystallized leonardite dissolved in irrigation water for the cultivation of wheat (of the Pelón Colorado variety) could have an effect on its nutritional profile, since the hypothesis was raised: that adding leonardite to the crop, due to its content of humic and fulvic acids, could positively affect the nutritional value and forage value of wheat.

The experiment was carried out in the facilities located inside the Antonio Narro Autonomous Agrarian University (UAAAN), located in Buenavista, Saltillo, Coahuila, Mexico. The experiment covered the period between Sunday, July 9, 2023 and September 22, 2023, with a total of 75 accumulated days. The experimental design applied for this experiment was a completely randomized design model, with 4 treatments, and 4 repetitions per treatment, respectively. The size of the experimental area was 576 m<sup>2</sup>, the size of each block was 8 m<sup>2</sup> (5 m x 1.6 m, length by width) and a space of 0.5 m was left between beds and 1 m between blocks to facilitate handling and care. of the crop.

The results of the analysis of variance showed us that there is a significant difference between the treatments ( $p \leq 0.05$ ), in addition to also having differences between the comparison of average of the nutritional profile values of the wheat crop.

## I. Introducción

Por su importante aportación de nutrientes al organismo, los granos básicos (entre los que tenemos al maíz, frijol, arroz y trigo) son indispensables, a nivel mundial, en la dieta diaria de las personas. El trigo es una gramínea, planta no perenne, que produce un conjunto de frutos modificados, unidos a una sola espiga terminal. Fueron las civilizaciones mesopotámicas (específicamente las que se desarrollaron entre los ríos Tigris y Éufrates, en el Medio Oriente) las que descubrieron el valor del trigo y sus fermentaciones en el arte de la elaboración de alimentos (Bonjean & Angus, 2023).

Según registros anteriores a nuestra época, las primeras cruces de los genes de trigo ocurrieron aproximadamente hace 8 millones de años, ocasionando la mutación de las variedades silvestres de trigo, obteniendo como resultado plantas con 3 juegos de cromosomas, aunque en ocasiones pueden llegar a tener más (si contiene 4 juegos de cromosomas la planta es tetraploide); con este conjunto de características, la domesticación del trigo lo llevó a convertirse en un cultivo que transformó la vida de la humanidad, y por lo tanto, este suceso es considerado actualmente como la base de la revolución neolítica (Camacho & Rubén, 2023).

Tras la revolución neolítica (primera transformación del estilo de vida del hombre, pasando de la actividad nómada a la sedentaria), en Medio Oriente comenzó el proceso de domesticación del trigo, convirtiéndolo en un alimento básico para la población, manteniendo su importancia a través del tiempo, contribuyendo actualmente con un aproximado del 10 al 20% de la toma calórica diaria de la población en general (Bonjean & Angus, 2023).

Durante el ciclo comercial 2020/21, la producción mundial de trigo creció 1.6% a tasa anual, al ubicarse en 775.8 millones de toneladas (mdt), su nivel máximo histórico. Lo anterior fue favorecido principalmente por un incremento de 2.6% anual en la superficie cosechada, que logró compensar la reducción de 0.8% en los rendimientos. Por otro lado, el consumo mundial de trigo alcanzó un máximo histórico de 775.8 mdt, presentando un crecimiento anual del 4.7%. El 79.7% del volumen se destinó al consumo humano e industrial y 20.3% al uso pecuario. El consumo creció a una tasa

de 1.4% anual en los últimos cinco años. El USDA estima un incremento de 1.4% anual en el ciclo comercial 2021/22 (SIAP & SADER, 2021).

En el periodo 2016-2020, la superficie cosechada de trigo en México decreció a una tasa promedio anual de 6.2%. En el año agrícola 2020 se cosecharon 561.3 miles de hectáreas, lo que significó un decremento de 4.3% a tasa anual. Del total de la superficie cosechada, 482.8 miles de hectáreas corresponden al ciclo Otoño-Invierno, es decir, 86.0%, y 78.4 miles de hectáreas al ciclo Primavera-Verano, es decir, 14.0%. Con respecto al régimen de humedad, 83.4% se cultivó en riego y 16.6% en temporal (SIAP & SADER, 2021).

El trigo, por lo general, debe ser molido para su utilización, ya que a partir de la harina resultante podemos obtener alimentos como galletas, pan, pastas y tortas, mientras que otra parte, que puede o no estar transformada en harina, es destinada para alimentar al ganado, o bien, puede ser usada para preparar aditivos para cerveza o licores (Kent, 1983).

La leonardita es un mineraloide de origen orgánico, con un brillo ceroso, generalmente de color negro o marrón, el cual puede presentarse en estado sólido o líquido, formado a partir de materia orgánica enterrada durante miles de años. Es un producto derivado del desgaste natural del lignito de forma natural, asociado en la gran mayoría de las ocasiones a la minería de superficie. La mayor fuente de extracción de leonardita son las capas sedimentarias de lignito blando cercanas a la superficie, ya que contienen una mayor cantidad de ácidos húmicos. Fue nombrado en honor a A.G. Leonard, primer director del Servicio Geológico de Dakota del Norte, en reconocimiento a su trabajo en estos depósitos (Klaus, 2005).

Como mencionan (Elizarrás, Serrato, & López, 2009) los dos componentes principales de la leonardita son los ácidos húmicos y fúlvicos, que presentan un contenido de entre 50 a 62% de carbono. Basándose en los resultados de los estudios realizados mediante espectroscopia infrarroja, ambos compuestos han mostrado similitud en cuanto a sus grupos funcionales más importantes, y los tipos de enlaces que estos presentan.

Los ácidos húmicos y fúlvicos son, esencialmente agrupaciones macromoleculares en las que las unidades fundamentales son compuestos aromáticos de carácter fenólico, procedentes de la descomposición de la materia orgánica presente en el suelo, así como compuestos nitrogenados, tanto cíclicos como alifáticos sintetizados por microorganismos en el suelo (Ramos, 2000).

## II. Objetivos

### 2.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del nivel de leonardita en el perfil nutricional del trigo “pelón colorado”.

### 2.2 Objetivo específico

Comparar la diferencia del valor nutricional del cultivo de trigo tras la aplicación de diferentes concentraciones de leonardita.

## III. Hipótesis

H<sub>0</sub>: La aplicación de leonardita no afecta el perfil nutricional del trigo “pelón colorado”

H<sub>1</sub>: La aplicación de leonardita aumenta el valor nutricional del trigo “pelón colorado”

## IV. Revisión de literatura

### 4.1 Cultivo de trigo

#### 4.1.1 Origen

El trigo ha sufrido un incontable número de transformaciones a lo largo de la historia, como producto de su proceso de adaptación al medio que lo rodea, y la intervención humana, como lo menciona (Pourkheirandish et al., 2020). El trigo ha sido un factor clave en la manera en que ha evolucionado la alimentación humana, entrelazando su historia con el principio del aumento de la población total.

Desde los comienzos del hombre practicando la agricultura, hace unos 10,000 años, el cultivo e trigo ha pasado por incontables mejoras genéticas. Frecuentemente, al hablar de alimentación relacionada con el trigo y sus derivados, es común escuchar el calificativo de “natural”, aún cuando para la agricultura la distinción entre lo natural y artificial carece de sentido, pues básicamente, la agricultura es el manifiesto de la intervención del hombre en los procesos de la naturaleza, en cuyo caso, todos los productos de dichos procesos son, en esencia, artificiales. Por lo tanto, es preciso decir que el trigo que conocemos actualmente no existe en la naturaleza (de Sousa et al., 2021).

El trigo, perteneciente al género *triticum*, originario de las fértiles tierras del Oriente Medio, experimentó un viaje de evolución moldeado directamente por la selección artificial, partiendo de las especies más antiguas conocidas, como por ejemplo la escaña (*Triticum monococcum*), el farro (*Triticum dicoccum*) o la espelta (*T. spelta*) hasta las especies que se cultivan en la actualidad, como las especies de trigo duro (*T. durum*) y trigo blando o panadero (*T. aestivum*). Los primeros agricultores que se dedicaron a cultivar el trigo comenzaron a seleccionar las plantas que presentaban las mejores características, en especial a aquellas plantas que tenían los granos más voluminosos o las espigas más grandes y productivas (Aury et al., 2022). Esta selección artificial aceleró los cambios evolutivos, por lo que el cultivo de trigo es un testimonio de la capacidad de los humanos para comprender y dirigir los procesos naturales.

#### 4.1.2 Condiciones edafoclimáticas

#### 4.1.2.1 Temperatura

Como señala (Avila et al., 2014) citando a (Valencia et al., 2009) la planta de trigo puede resistir temperaturas de hasta  $-7^{\circ}\text{C}$  al principio de su crecimiento (plántula) y antes de su etapa de encañe, dependiendo de la humedad del suelo, la intensidad y la duración de las condiciones. A medida que avanza su desarrollo, se vuelve más sensible: durante la floración y formación de granos, las temperaturas de  $0^{\circ}\text{C}$  o cercanas a este valor son altamente perjudiciales para su rendimiento. Durante la fase de amacollamiento, el cultivo necesita condiciones frescas, por lo que temperaturas más bajas (entre  $7$  y  $18^{\circ}\text{C}$ ) ralentizan su crecimiento y favorecen la formación de espigas y el número de brotes laterales, lo que aumenta la posibilidad de obtener buenos rendimientos, siempre considerando la densidad de siembra. En contraste, temperaturas altas al principio aceleran el desarrollo de la planta, reduciendo la fase de amacollamiento y disminuyendo el número final de brotes laterales productivos, lo que se traduce en una disminución del rendimiento.

#### 4.1.2.2 Suelo

Como lo menciona (López, 2011) El trigo puede crecer en diversos tipos de suelos, desde arenosos hasta arcillosos, aunque tiene preferencia por suelos de textura media, profundos, ricos en nutrientes y con buena capacidad de drenaje. Aunque puede tolerar moderadamente la salinidad, siendo capaz de producir en suelos con una conductividad eléctrica de hasta  $6\text{ dS}$  y un pH menor a  $8.0$ , muestra una preferencia por suelos con un pH que oscila entre  $6.5$  y  $7.5$ . Se ha observado una disminución del rendimiento del  $23\%$  en suelos con una conductividad eléctrica de  $7.1\text{ dS}$ , lo que sugiere su sensibilidad a ciertos niveles de salinidad y pH fuera de su rango óptimo.

#### 4.1.2.3 Agua

Como mencionan (Salinas, Giuberguia, & Boccoardo, 2015) Para que el trigo crezca adecuadamente, necesita alrededor de  $500$  a  $550$  milímetros de agua a lo largo de su ciclo de crecimiento. La etapa de encañazón marca el inicio de un aumento en la necesidad de agua, llegando a requerir entre  $3$  y  $4$  milímetros por día, pero es durante

el llenado de granos cuando estas necesidades son más altas, alcanzando entre 5 y 6 milímetros diarios.

#### 4.1.2.4 Fotoperíodo

Según (López, 2011), Tanto el trigo como la cebada se clasifican como cultivos de día largo, lo que significa que su ciclo de crecimiento se prolonga cuando las horas de luz son escasas y las temperaturas son bajas. Aunque pueden crecer normalmente en condiciones de altas temperaturas y días cortos, su período de crecimiento es más largo que cuando se desarrollan en días largos y temperaturas frescas. En situaciones de días largos y altas temperaturas, la duración del ciclo se reduce considerablemente.

#### 4.1.2.5 Riego

Las etapas en las que es indispensable son principalmente la etapa post siembra, así como la etapa de amacollamiento encañe, crecimiento y llenado del grano (Kuttel & Díaz, 2015).

### 4.1.3 Importancia

El trigo es uno de los cereales con más contenido proteico en cuanto a nutrición animal se refiere, superando incluso al maíz. Además, posee un alto valor de energía con 3,0 a 3,5 Mcal EM (Megacalorías de Energía Metabolizable), por lo que representa una fuente de energía importante para ser considerada en la elaboración de la dieta animal. Por otro lado, la planta de trigo contiene almidón, que es su carbohidrato más abundante, lo que lo hace perfecto para incluirlo a las raciones del ganado, al ser un polisacárido digerible (Balandrán & Quintana, 2018).

Es recomendable mantener los valores de humedad total del alimento producido por debajo del 14%, esto debido a que si la humedad excede este límite, aumentan de manera exponencial los riesgos de contaminación por hongos generadores de micotoxinas, además de que el ganado puede presentar problemas de digestibilidad, como lo mencionan (García et al., 2019). Por otro lado, el trigo cuenta con una menor cantidad de lípidos con respecto al maíz, por lo que representa una vida útil más larga,

al prolongar un poco más su enranciamiento. Finalmente, el trigo presenta valores altos de fibra con 11%, superiores comparados con el maíz. Esta porción de fibra contiene entre 4-5% de pentosanos y 0,5-1% de  $\beta$ -glucanos que pueden aprovecharse si la dieta es complementada con productos multienzimáticos (Balandrán & Quintana, 2018).

**Cuadro no. 1: Valores nutricionales del salvado de trigo. Adaptado de (Chaquilla-Quilca, et al., 2018).**

Compuesto	Cantidad	Unidad
Proteína	9.9-18.6	%(p/p)
Humedad	11.6-12	
Lípidos	5-6.3	
Cenizas	5.7-6.5	
Fibra dietaria total	36-63	
Almidón	21.1-38.9	
Fibra total	35.7-53.4	g/100g
Celulosa	6.5-9.9	
Hemicelulosa	20.8-33	
Lignina	2.2-9	

Un punto indispensable para considerar respecto a la nutrición animal con respecto al cultivo de trigo es que existe la posibilidad de que cuente con valores antinutricionales (entre los que destacan la capacidad de inhibir la proteasa, ácido fítico, factores estrógenos, aumentar las flatulencias e inhibir la amelasa, además de inhibir la colinesterasa), que pueden tener un efecto adverso sobre la nutrición de los animales cuya dieta tenga como base este cereal. Como mencionan (Figuroa & Martínez, 2017), es recomendable realizar combinaciones con otros alimentos, cuya combinación enzimática conjunta con el trigo facilite la digestión del animal consumidor.

#### 4.1.4 Taxonomía

El término trigo (*Triticum spp*) designa a todo el conjunto de cereales, ya sean cultivados o silvestres, que pertenecen al género *Triticum*, conformado por plantas anuales de la familia de las gramíneas, designando tanto a la planta como al fruto, que son sus semillas comestibles (Belderok & Mesdag, 2000).

**Cuadro no. 2:  
Clasificación taxonómica  
del trigo, propuesta por  
(Lineo, 1753)**

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Supertribu	Triticodae
Tribu	Triticeae
Género	Triticum

Para el desarrollo del presente proyecto, se usó la variedad conocida como “pelón colorado” que pertenece a la especie *Triticum aestivum L.*

#### 4.1.5 Morfología

Basándonos en la definición de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2012), la planta de trigo presenta las siguientes características:

- I. La altura que varía entre los 30 y 180 cm.
- II. El Tallo es recto y cilíndrico. Tiene nudos
- III. El nudo es sólido. La mayoría de los trigos tienen seis nudos aproximadamente.
- IV. La hoja es lanceolada, con un ancho de 0,5 a 1 cm y una longitud de 15 a 25 cm. Cada planta tiene de cuatro a seis hojas.
- V. La lígula es de longitud media.
- VI. La aurícula es despuntada y tiene pelos. La lígula y la aurícula se sirven en la identificación de las plántulas
- VII. En la plántula, las hojas se despliegan al nacer, girando en el sentido de las manecillas del reloj. Esta es también una característica en la identificación de las plántulas.
- VIII. Amacollamiento: Esta es otra característica en los cereales. Las plántulas producen macollos de número variable, generalmente de dos a siete.
- IX. Las raíces del trigo son semejantes a la de la cebada y la de la avena.
- X. Las raíces permanentes o secundarias nacen en el primer nudo.
- XI. Raíces que nacen a partir de la semilla. Normalmente existen cinco raíces seminales, una radical o primaria y cuatro laterales, que funcionan durante toda la vida de la planta.
- XII. La espiga del trigo macarrón es densa y corta. Consiste en una infinidad de espiguillas que terminan en una arista o barba.
- XIII. Los granos del trigo macarrón son generalmente alargados, puntiagudos, durísimos y de color ámbar rojizo.
- XIV. Espiga del trigo común.

XV. Los granos del trigo común pueden ser blandos o duros.

#### 4.1.6 Plagas y enfermedades

##### 4.1.6.1 Plagas

Afidos (*Schizaphis graminum* y *Diuraphis noxia*) son insectos succionadores, de cuerpo blando, y un color cercano a transparente. Un ataque de esta plaga a los cultivos en grandes cantidades puede causar muerte prematura de las hojas, que cambiarán su aspecto a un color amarillento en el proceso. *Schizaphis graminum* causa estragos en los cultivos, provocando la aparición de zonas necróticas, acompañadas de una coloración púrpura, provocando el enrollamiento de las hojas afectadas. Por otra parte, *Diuraphis noxia* provoca la aparición de estrías blancas, enrollamiento de hojas, crecimiento postrado y espigas estériles (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Chinches apestosas (*Lambdacialotrina*, *bifentrin*, *cipermetrina*, *zeta-cipermetrina* y *metomil*), cuyos ejemplares adultos se alimentan de los frutos en desarrollo o del tejido de los tallos. Su saliva resulta tóxica para las plantas, y una sola incisión el tallo puede provocar su muerte. Si el insecto se alimenta de los granos en su estadio masoso-lechoso, estos resultan destruidos. Además, si el insecto llega a alimentarse de la espiga, provocará su esterilidad, ya sea de forma parcial o total. Tienen cuerpo en forma de escudo, y despiden un olor desagradable al ser aplastadas (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Gusanos soldados, gusanos cortadores y barrenadores del tallo (*Spodoptera exigua*, *Agrotis ipsilon* y *Diatraea saccharalis*) afectan de forma bastante evidente al cultivo, defoliando las plantas afectadas. Las larvas de las especies antes mencionadas atacan las hojas, devorándolas desde los bordes hasta la nervadura central. En grandes grupos, el efecto de dicha plaga puede ser devastador. También podemos encontrar especies que se alimentan sobre la superficie del suelo, otras que consumen

las raíces bajo tierra, y otras más que se alimentan dentro del tallo (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Trips (*Thysanoptera spp*), son insectos de aproximadamente 1 mm de largo, por lo que son muy pequeños, presentando un color café o negro, con un abdomen cónico y segmentado. Al formar parte de las plagas succionadoras, están dotados de un aparato bucal perforador. Suelen ubicarse debajo de la hoja bandera, succionando el tallo, aunque también pueden atacar las hojas y espigas. Esta plaga afecta a la planta en su estadio de ninfa, y como adulto, si su número es grande, las hojas afectadas presentan una coloración plateada (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Gusano del tallo del trigo (*Meromyza americana*) en su forma adulta tiene unos 6 mm de largo, y son de color verde pálido o amarillo con rayas negras. Cuando los macollos jóvenes son atacados en el otoño o a comienzos de la primavera, por lo general las plantas mueren; en caso de que sobrevivan, las plantas afectadas presentan la clásica “espiga blanca” que producen los insectos que perforan el tallo.

Gallinas ciegas (*Phyllophaga spp*), cuyas larvas más grandes pueden tener varios centímetros de largo y casi un centímetro de grueso, presentando tres pares de patas en el tórax. Afectan al cultivo, atacando directamente la raíz de la planta huésped. Esto se muestra en el campo de cultivo con la aparición de grupos de plantas de trigo marchitas o muertas (especialmente cuando las plantas se encuentran en su etapa de desarrollo de plántulas), los cuales son síntomas que pueden atribuirse a la pudrición de la raíz. No obstante, cuando se observan áreas del cultivo afectadas por enanismo, es necesario examinar el suelo, para tratar de ubicar las larvas (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Gusano de alambre (*Agriotes spp*) causa daños similares al que provocan otras especies de insectos masticadores que habitan en el suelo. La única forma segura de identificar estas especies en asociación con las plántulas afectadas. Su nombre se refiere a la apariencia que tienen las larvas, similar a la de un alambre, cuyos especímenes pueden medir de 20 a 30 mm de largo, y que, a menudo, son lisas, duras y muy brillantes, poseen tres pares de patas, y su color varía entre el verde intenso y

algunos tonos de café. Se encuentran entre los insectos más nocivos que pueden llegar a infestar los campos de cultivo (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Nematodos (*Nematoda spp*) son gusanos cilíndricos no segmentados que se encuentran en grandes cantidades en el suelo y el agua. Una gran parte de ellos son especies parasitarias de las plantas. Todos los nemátodos se originan de huevos, y tras ello, pasan por una sucesión de estados larvales (4 por lo general) antes de llegar a su forma adulta. Además, algunas especies poseen un estadio de letargo que es resistente a la sequía y a las condiciones adversas del medio. Al alimentarse de las plantas, los nemátodos poseen la capacidad de disminuir el vigor de las mismas, provocando lesiones, pudrición, deformación, agallas y nódulos en las raíces. Los cultivos infestados se ven disperejos, con grupos bien definidos de plantas que presentan enanismo (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

#### 4.1.6.2 Enfermedades

Enfermedades causadas por hongos (influenciadas por humedad y temperatura)

Roya de la hoja (*Puccinia recóndita*) se muestra al anverso de las hojas y vainas como pústulas de forma circular o elípticas, siendo más pequeñas que las de la rolla del tallo, conteniendo masas de uredosporas, cuyo color flúctua entre el anaranjado y el café anaranjado. Afecta al trigo, triticale y otras gramíneas afines. Las infecciones en estadios tempranos de la planta pueden provocar una disminución significativa en el rendimiento, principalmente por la reducción del número de granos por espiga, los pesos hectolítricos y la calidad de los granos (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Roya del tallo (*Puccinia graminis f. sp. Tritici*) se presenta en forma de pústulas que contienen sus uredosporas, de color café oscuro, localizándose en ambas caras de la hoja, en los tallos y en las espigas. Las pústulas están dispersas, pero se aglutinan si la infección es intensa. Antes del brote de la pústula, la zona infectada se vuelve áspera al tacto. Si la infección afecta una buena parte del cultivo en etapas tempranas, puede disminuir significativamente el macollamiento, provocar una pérdida de peso de los

granos, y afectar su calidad, pudiendo alcanzar la pérdida total del cultivo (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Roya lineal (*Puccinia striiformis*) se presenta en forma de pústulas, de color amarillento o anaranjado, de forma lineal, formando estrías estrechas sobre las hojas, aunque también pueden aparecer en las vainas y el cuello de la planta. Las infecciones graves pueden causar una disminución del rendimiento, principalmente al reducir el número de granos por espiga, los pesos hectolítricos y la calidad de los granos (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Carbones comunes y causantes de enanismo (*Tilletia caries*, *T. foetida*, *T. controversa*) se presentan en forma de “bolsas de carbón” que tienen la apariencia de un grano normal, pero en realidad son sacos llenos de teliosporas negras. Cuando son aplastadas liberan un olor fétido, similar al del pescado. Las espigas infectadas adquieren un color verde azulado (o más oscuro) y las glumas tienden a separarse ligeramente. Una leve disminución de la altura de la planta es un síntoma típico del carbón común, mientras que la característica principal del carbón causante de enanismo es la reducción marcada de la altura. Se pueden producir pérdidas considerables del rendimiento cuando se cultivan variedades sensibles o no se emplean tratamientos químicos para las semillas (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

*Carbón volador (Ustilago tritici)*, también conocido como carbón desnudo, se manifiesta en toda la inflorescencia, excepto en el raquis, sustituyéndola por masas de esporas de carbón; esas teliosporas negras a menudo son arrastradas por el viento y quedan sólo el raquis desnudo y restos de otras estructuras florales. La disminución del rendimiento depende del número de espigas afectadas por la enfermedad; la incidencia es generalmente inferior al 1% Y rara vez supera el 30% de las espigas en un sitio determinado (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Carbón de bandera (*Urocystis agropyri*) se presenta en forma de estrías estrechas de teliosporas negras bajo la epidermis de las hojas y las vainas foliares y, en ocasiones, en los tallos. Las plantas enfermas por lo general crecen muy poco, macollan en forma abundante y tal vez no surjan espigas. La infección grave a menudo hace que las hojas se enrollen y adquieran una apariencia similar a las de la cebolla. La epidermis de las

plantas enfermas más antiguas se rasga y libera las teliosporas. El carbón de bandera normalmente no es una enfermedad importante desde el punto de vista económico; sin embargo, las pérdidas por disminución del rendimiento pueden fluctuar entre cantidades ínfimas y cifras moderadas cuando se cultivan variedades susceptibles (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Manchas foliares causadas por (*Alternaria tritícina*) que se presentan como pequeñas lesiones cloróticas, ovales o elípticas que, a medida que se extienden, toman una forma irregular. Los bordes de las lesiones pueden volverse difusos y de color café claro u oscuro. Es difícil distinguir estas lesiones de las que causan las especies de *Helminthosporium*. La infección comienza generalmente en las hojas inferiores, pero se pueden encontrar síntomas en todas las partes de la planta. Las manchas foliares causadas por *Alternaria* pueden tener consecuencias graves si las condiciones ambientales son propicias para el desarrollo de la enfermedad; cuando se cultivan variedades susceptibles, se pueden producir pérdidas considerables (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Roña (*Fusarium spp*) infecta las flores, cuyos ejemplares afectados se oscurecen un poco y se tornan aceitosos. Las conidiosporas se producen en esporodocios, que dan a la espiga un color rosado brillante. Los granos infectados están llenos de micelios y la superficie de las florecillas, totalmente cubierta por micelios blancos. Las infecciones que afecten a grandes extensiones de cultivo pueden suponer pérdidas a gran escala, logrando alcanzar incluso una reducción del 50% de la producción, y una disminución considerable de la calidad del grano. Además, el grano cosechado que contenga más del 5% de granos infectados puede contener toxinas suficientes para ser nocivo para los animales y el ser humano (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Mal del pie (*Gaeumannomyces graminis f. sp. Tritici*) es una enfermedad que provoca pudrición de la raíz y de la parte inferior de los tallos, adoptando un color negro brillante en los tejidos afectados al examinarlos con una lupa. Con frecuencia, las plantas afectadas desarrollan hifas fungosas oscuras en el entrenudo de la subcorona, bajo las vainas de las hojas más viejas. En las raíces, las hifas son más gruesas, recibiendo el nombre de cordones. Las plantas enfermas sufren enanismo, y presentan una

coloración pálida en tallos y espigas, lo que indica que la infección es grave. La infección temprana disminuye el número de macollos, y genera espigas estériles. El mal del pie está muy difundido en zonas de monocultivo y se sabe que ha causado una considerable disminución del rendimiento en zonas donde se cultiva trigo de invierno y trigo de primavera sembrado en otoño, especialmente cuando se emplean prácticas de encalado o labranza mínima (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Pudrición común de la raíz, pudrición del pie y pudrición de la corona (*Helminthosporium*, *Fusarium* y *pythium spp.*) son hongos que afectan a los tejidos de la raíz, la corona y los tallos basales, que se tornan de colores oscuros. A veces se acaman plantas aisladas o grupos de plantas y con frecuencia se observan espigas blancas antes de llegar a la madurez fisiológica normal. Como cada hongo puede atacar a una parte diferente de la planta en una etapa distinta del desarrollo, es difícil llegar a una identificación categórica del agente etiológico. No se han comunicado epifitias de importancia. No obstante, pueden producirse pérdidas localizadas como consecuencia de la menor densidad de plantas, una disminución del número de macollos y la reducción del tamaño de las espigas (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

#### Enfermedades causadas por bacterias

Pudrición basal de la gluma y tizón bacteriano de la hoja (*Pseudomonas syringae pv. Atrofaciens*, Sin. *Pseudomonas atrofaciens*) pueden resultar infectadas las hojas, tallos y espigas de trigo y triticale. Las infecciones comienzan como lesiones pequeñas llenas de agua, de color verde oscuro, que se tornan de color café oscuro o negruzco. En las espiguillas, las lesiones comúnmente comienzan en la base de la gluma y con el tiempo pueden extenderse sobre la totalidad de ésta. Las glumas enfermas tienen una apariencia traslúcida cuando se les pone contra la luz. Con el tiempo se observa un color café oscuro o negro. La enfermedad puede extenderse al raquis y también pueden presentarse lesiones en los granos. Cuando el tiempo está húmedo o llueve, suele aparecer un exudado bacteriano gris blanquecino. La infección provoca una coloración oscura en los tallos y causa lesiones pequeñas e irregulares, llenas de agua, en las hojas. Se pueden confundir los síntomas con los de otras enfermedades bacterianas, como el melanismo genético (falsa pajilla negra), el tizón causado por

*Septoria nodorum* (tizón de la gluma) y el daño provocado por las heladas. a pudrición basal de la gluma no tiene importancia económica, pero su presencia se registra con frecuencia en donde se cultivan los cereales (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

Tizón bacteriano de la espiga (*Corynebacterium tritici*) se manifiesta por un exudado amarillo en las espigas, que se vuelve blanco al secar. A menudo las espigas y los cuellos emergen como una masa pegajosa y deforme; además, las primeras hojas pueden aparecer arrugadas o torcidas. En algunas regiones, esta bacteria se asocia con el nematodo *Anguina tritici*. El tizón bacteriano de la espiga no tiene mayor importancia económica (Prescott, Burnett, & Saari, 1986).

#### 4.1.7 Perfil nutricional del trigo

Pertenciente a la familia de las gramíneas, el trigo (*Triticum aestivum*) se cultiva por todo el mundo. Además de su uso potencial para panificación, se usa en volúmenes considerables para la alimentación animal, abriendo la posibilidad de mezclar el contenido con variedades de trigo duro (*Triticum durum*), cuya variedad se emplea comúnmente en la elaboración de pastas (Sauvant & Perez, 2004).

En el caso de realizar una mezcla como la anteriormente indicada, es recomendable obtener un adecuado análisis de fibra, proteína y grasa, ya que el contenido de cada variedad de trigo puede generar variaciones en el valor nutricional del producto final (Sauvant & Perez, 2004).

El trigo se encuentra entre las principales fuentes de aporte de energía en las dietas para porcinos, presentando contenidos de almidón cercanos al 59%, además de tener un contenido de proteína aproximado del 10 al 12%, siendo superior a otros cereales como el maíz (con 7.5 a 8%) o cebada (cuyo contenido aproximado se ubica entre un 9.5 a 11%), por lo que el trigo supone una opción fiable para sustituir al maíz en dietas que incluyan una alta demanda de energía, reduciendo la inclusión de fuentes alternas de proteína (típico en dietas para lechones). Además, continuando con la comparación del trigo como opción para el reemplazo de maíz en algunas raciones para ganado, el contenido de fibra entre ambos cereales es similar, dejando solo el contenido de lípidos, en cuyo caso el trigo posee una cantidad menor (cerca de un 2% con respecto al maíz) (Rostagno, 2017).

Para trigo blando, como es el del caso de estudio, tenemos una comparativa llevada a cabo utilizando los sistemas de FEDNA (España), CVB (Holanda), INRA (Francia), NRC (EEUU) y el de Brasil.

**Cuadro no. 3: Comparación de valores nutricionales de trigo con los sistemas FEDNA, CVB, INRA, NRC y el sistema de Brasil (Sola Oriol, 2019).**

	FEDNA <sup>1</sup>	CVB	INRA	NRC	Brasil
MS (%)	88,7 - 89,7	85,8	86,8	86,38	87,5
Valor energético (Kcal/kg)					
Proteína bruta (%)	10,2 - 12,9	11,2	10,5	10,92	11,5
Extracto etéreo (%)	1,4 - 1,6	1,4	1,5	1,4	1,6
Fibra bruta (%)	2,3 - 2,4	2,3	2,2	-	2,4

#### 4.1.8 Producción de trigo nacional

De acuerdo a la información emitida por el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2023), tenemos que el total de trigo producido en México el primer trimestre del 2023 fue aproximadamente el reportado en el cuadro 4:

**Cuadro no. 4: Producción total nacional (SIAP, 2023)**

A marzo 2023	Estimado a cierre de mercado abr22/mar23	Duración para abasto a marzo 2023	Duración recomendada de abasto
<b>1.2 millones</b>	<b>1.2 millones</b>	<b>2.3</b>	<b>2</b>
toneladas	Toneladas	Meses	Meses

Con lo que tenemos un pequeño aumento en la producción, comparado con años anteriores. Como complemento, en términos de producción mundial, el cierre preliminar del ciclo de mercado 2021/22 fue de 779 millones de toneladas de trigo en grano en todo el mundo, sin distinguir por variedad, es 0.6% más que lo obtenido en el ciclo precedente. Estados Unidos y Canadá terminaron el ciclo 21/22 con caídas de 10.0% y 37% en su producción. Dichos países aportaron 18% de las exportaciones del cereal en el planeta. El USDA registró que Rusia y Ucrania aportaron 9.6 y 4.2%, respectivamente, de las cosechas mundiales al cierre de 2021/22, además de registrar exportaciones que significan 16% para Rusia y 9% de Ucrania, respecto a las comercializadas en todo el planeta (SIACON, 2023).

**Cuadro no. 5: Producción de trigo forrajero por Estado (Peso expresado en toneladas y rendimiento expresado en unidades de medida por hectárea) (SIACON, 2023)**

	Entidad	Superficie (ha)			Producción (ton)	Rendimiento (udm/ha)
		Sembrada	Cosechada	Siniestrada		
1	Baja California	43,071.00	40,881.00	2,190.00	258,588.10	6.33
2	Baja California Sur	3,800.00	3,800.00		22,040.00	5.8
3	Coahuila	3,648.62	3,648.62		11,613.05	3.18
4	Chiapas	38.5	38.5		28.68	0.74
5	Chihuahua	14,024.70	14,024.70		75,428.85	5.38
6	Durango	2,431.00	2,404.00	27	6,950.47	2.89
7	Guanajuato	68,298.00	68,298.00	0	387,814.98	5.68
8	Hidalgo	561.8	550.8	11	1,769.80	3.21
9	Jalisco	25,588.50	25,588.50	0	147,946.08	5.78
10	México	4,779.36	4,779.36		9,846.33	2.06
11	Michoacán	37,998.00	37,998.00	0	222,845.13	5.86
12	Morelos	145	145		527	3.63
13	Nuevo León	12,886.00	12,477.50	408.5	31,981.65	2.56
14	Oaxaca	10,889.72	10,889.72		10,938.89	1
15	Puebla	1,220.46	1,093.96	10.5	2,043.80	1.87
16	Querétaro	951.5	951.5		5,157.60	5.42

17	San Luis Potosí	25	13	12	5.98	0.46
18	Sinaloa	43,675.75	43,675.75	0	283,974.46	6.5
19	Sonora	284,587	284,587	60	4,465.85	7.09
20	Tamaulipas	3,943.00	3,883.00			1.15
21	Tlaxcala	19,776.50	19,776.50		56,476.33	2.86
22	Veracruz	638	638		976	1.53
23	Zacatecas	8,497.50	3,963.50		6,255.93	1.58
Total		591,474.91	584,105.91	2,719	3,566,125.77	6.11

#### 4.1.9 Producción de trigo en Coahuila

De acuerdo a los datos proporcionados por (SIACON, 2023), la producción de trigo en el Estado de Coahuila alcanzó los pesos reportados en el cuadro 6:

**Cuadro no. 6: Producción de trigo (expresada en toneladas) en Coahuila en 2023 (SIACON, 2023).**

	Entidad	Superficie (ha)			Producción (ton)	Rendimiento (udm/ha)
		Sembrada	Cosechada	Siniestrada		
1	Coahuila	3,648.62	3,648.62	0	11,613.05	3.18
Total		3,648.62	3,648.62	0	11,613.05	3.18

#### 4.2 Leonardita

Es posible encontrar materia orgánica en los grandes depósitos geológicos, en un variado número de presentaciones, entre las que encontramos el carbón, el lignito, el esquisto bituminoso y los combustibles fósiles. La leonardita se considera como un estado intermedio entre la transición de la turba al lignito, cuyo contenido de materia húmica se encuentra en promedio entre un 60 a 70%, aunque el lignito y la leonardita de alta calidad pueden contener entre 80 y 90% (Tan, 2003).

Los depósitos geológicos mencionados anteriormente, ricos en materia húmica, se han formado a través del tiempo a partir de turberas, lodo y turbas, proceso que en la ciencia del suelo recibe el nombre de metamorfismo, ya que los factores requeridos para su formación son altas presiones y temperaturas elevadas, lo que

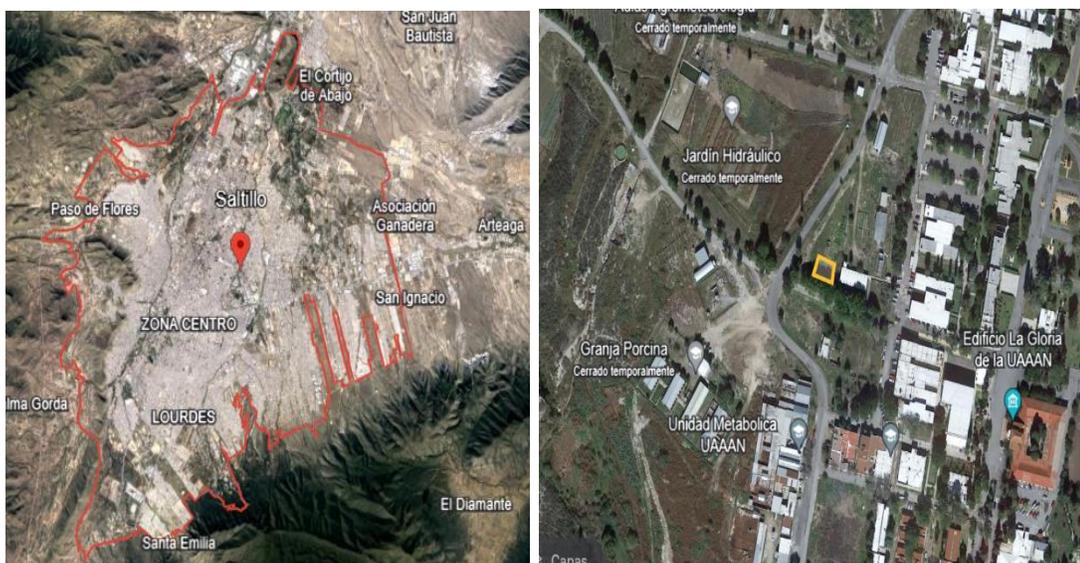
lleva a la inducción de la compactación necesaria, misma que genera los cambios químicos drásticos que forman los materiales resultantes (Miller & Gardiner, 1998). Siguiendo la teoría presentada por Van Krevelen (1963) y Stach (1975) el ácido húmico se transforma en humina por un proceso de condensación que tiene lugar en la transformación de la turba en lignito y carbón subbituminoso. La reacción anterior, en el marco de las ciencias del suelo, se conoce como polimerización en lugar de condensación. Además, se considera que la cantidad de humina aumenta durante la carbonización posterior a carbón bituminoso.

Por lo tanto, la leonardita, asociada a la minería de superficie, es el resultante de la oxidación del lignito, siendo una importante fuente de ácidos húmicos, utilizados en el acondicionamiento de suelos (Tan, 2003).

## V. Materiales y métodos

### 5.1 Descripción del área experimental

La presente investigación se desarrolló dentro de los campos destinados a la experimentación, ubicados dentro de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), ubicada en Buenavista Saltillo, Coahuila, México, con coordenadas geográficas: latitud  $25.353564^{\circ}$  N longitud  $-101.034783^{\circ}$  O, a una altitud de 1773 metros sobre el nivel del mar.



**Figura No. 1: Ubicación del campo del cultivo experimental en Saltillo, Coahuila ((Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro) fuente: Google Earth, división política (geoportail Conavio)**

## 5.2 Características edáficas del terreno de cultivo

El tipo de suelo presente en el área de estudio está compuesto por: 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 Clasificación edafoclimática del área experimental

El clima en Saltillo es cálido y templado. El clima aquí se clasifica como Cfb por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura media anual observada en Saltillo es de 16.4 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 610 mm. La zona especificada está situada en el hemisferio norte de nuestro planeta. El verano comienza hacia el final del junio y culmina hacia el final de septiembre (Linares, 2022).

El lugar donde se llevó a cabo el experimento es una parcela de uso agrícola de pendiente plana que no presenta sodicidad ni salinidad. Cuenta con un drenaje superficial de poca eficiencia, y poca presencia de fauna externa (topos, ardillas y liebres) y fauna interna (lombrices, ciempiés), como lo menciona (Linares, 2022). La base del material parental se caracteriza como piedras calizas de formación

aluvial y coaluvial, en etapa de desarrollo joven, drenaje interno de bueno a medio, manto freático profundo con inundaciones ocasionales que duran 1 día.

En la parcela se encontraron 2 tipos de suelo de acuerdo con el análisis realizado por (Linares, 2022), clasificados como CAMBORTHID y HAPLARGID (véase anexo, cuadros 11 y 12).

#### 5.4 Preparación del área experimental

##### 5.4.1 Preparación del terreno

El terreno fue acondicionado para el cultivo en base a labores convencionales, eliminando la maleza presente, seguido de labores de arado y barbecho, con una profundidad neta de 30 cm, tras lo que realizamos la nivelación necesaria, y un adecuado surcado para la elaboración de las camas de siembra.

##### 5.4.2 Siembra

La siembra se llevó a cabo el día 09 de julio de 2023, mediante el método de siembra por voleo, ajustado a una densidad de 380 plantas por cama, en promedio.

##### 5.4.3 Riego

El riego mediante el cual se aplicó el tratamiento se llevó a cabo cada 15 días, teniendo la primera aplicación a los 15 días después de la siembra (DDS). Este consistía en aplicar 20 lts por cama de siembra, con la cantidad de leonardita necesaria disuelta en el agua de riego.

##### 5.4.4 Aplicación del tratamiento

El tratamiento aplicado fue la disolución de leonardita cristalizada disuelta en agua en las siguientes concentraciones: T1 – testigo (agua), T2 – 1.5 g/l, T3 – 2.5 g/l y T4 – 5 g/l. El tratamiento se aplicó cada 15 días, disolviendo la cantidad necesaria en un contenedor de 20 litros, para posteriormente ser aplicado como riego por gravedad.

##### 5.4.5 Calendario de aplicación de los tratamientos

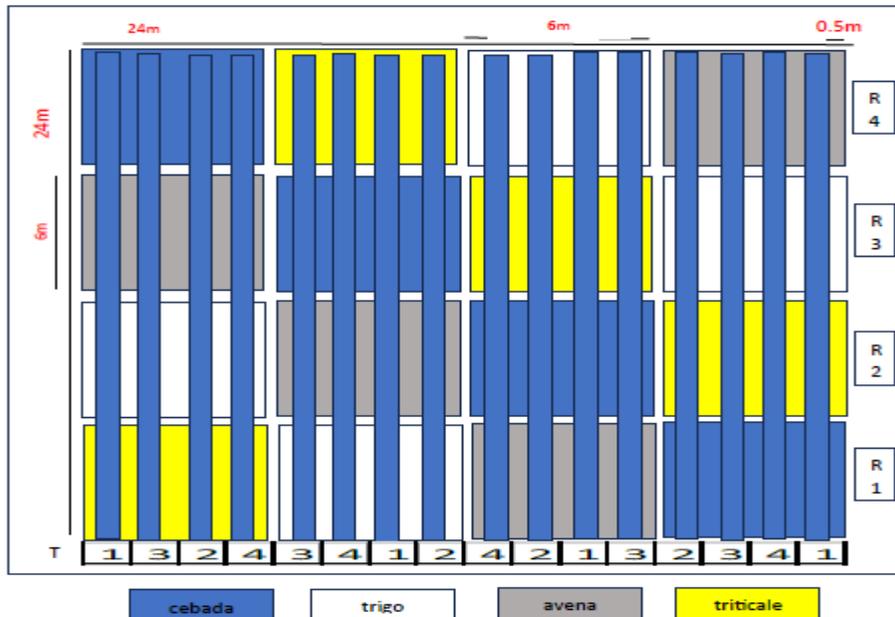
**Cuadro no. 7: Fecha de aplicación de los tratamientos**

Aplicación	Fecha	Días acumulados
1	09/07/2023	15
2	24/07/2023	30
3	08/08/2023	45
4	23/08/2023	60
5	07/09/2023	75
6	22/09/2023	90

**5.4.6 Diseño experimental**

El tamaño del área experimental fue de 484 m<sup>2</sup>, en donde se evaluaron las diferentes concentraciones de leonardita cristalizada en el cultivo de trigo (intercalado con otros cultivos). El diseño experimental empleado fue completamente al azar con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. El tamaño de cada repetición fue de 8 m<sup>2</sup> (5 m x 1.6 m, largo por ancho) y se dejó un espacio de 0.5 m entre camas y 1 m entre repetición para facilitar el manejo y cuidado del cultivo.

Croquis del diseño experimental



**Figura No. 2: Diseño experimental aplicado al área de estudio**

## 5.5 Propiedades físico-químicas de los tratamientos

Descripción del material: producto altamente concentrado de ácidos húmicos y fúlvicos derivados de la leonardita que están caracterizados por ser 99% solubles (Espinosa, 2021).

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 (Espinosa, 2021).

Especificaciones:

Nombre: AHAF-99

pH: 8 - 9

Color: Negro

Apariencia: Cristales

Tipo: Bioestimulante

Residual: no se considera como un material que produzca residuos

Categoría toxicológica: no aplica

Dosis de aplicación: 3g 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 del contenido de sustancias ..... húmicas 99 %

#### 5.5.1 T1 – Tratamiento testigo (agua)

Este tratamiento se estableció sin ningún tipo de mejorador, a fin de tomarlo como referencia para evaluar los rendimientos de los tratamientos que contenían leonardita, por lo que solo se aplicaron riegos normales.

A partir de T2, y hasta T4, todos los tratamientos usaron leonardita cristalizada disuelta en agua, en diferentes concentraciones, especificadas a continuación:

#### 5.5.2 T2 – Leonardita cristalizada disuelta en agua, en concentración de 1.5 g/l

La leonardita es un material cuya composición, basada en ácidos húmicos y fúlvicos procedentes de la descomposición de la materia orgánica, permite su aplicación por vía foliar o a través del riego, dependiendo de su presentación. En este caso, la leonardita, en presentación cristalizada, se aplicó mediante el riego, diluyendo la cantidad correspondiente (30g para 20 litros de agua) para regar las camas correspondientes por gravedad.

#### 5.5.3 T3 – Leonardita cristalizada disuelta en agua, en concentración de 2.5 g/l

De igual forma que el tratamiento anterior, se aplicó leonardita cristalizada, cambiando la concentración a 2.5 g/l, lo que supone una cantidad de 50g para un contenedor de 20 litros.

#### 5.5.4 T4 – Leonardita cristalizada disuelta en agua, en concentración de 5 g/l

Por último, nuestro tratamiento final estuvo constituido por agua con leonardita cristalizada disuelta, en una concentración de 5 g/l, lo que representa un total de 100g para el contenedor de 20 litros usado para el riego de las parcelas.

### 5.6 Variables evaluadas

#### 5.6.1 Peso seco de la planta

Tras la recolección de la muestra, se procedió a eliminar el contenido de humedad, introduciendo la muestra a una estufa de secado, a una temperatura de 60°C durante 24 h.

Al finalizar el tiempo, se dejó enfriar hasta alcanzar temperatura ambiente, y se pesó el total de muestras, para obtener un promedio por tratamiento.

#### 5.6.2 Materia seca total

Tras la toma del peso seco, se molió la muestra, para obtener un tamaño de partículas de 2mm, con la finalidad de tenerla lista para los análisis posteriores. Una vez molida, se colocó la muestra en una estufa de secado, a una temperatura de 100 °C durante 24 horas, tras las cuales las muestras se extrajeron, y se dejaron enfriar en un desecador hasta alcanzar temperatura ambiente. Tras ello las muestras fueron pesadas en una báscula analítica, para después obtener mediante cálculos previamente establecidos, el contenido de materia seca total.

#### 5.6.3 Ceniza total

Una vez que obtuvimos el porcentaje de materia seca total, usamos la muestra para determinar el contenido total de cenizas tras calcinación (lo que indica directamente el contenido mineral de la planta), procediendo a precalcinación las muestras en estufas eléctricas, para después colocar los crisoles con las muestras en la mufla, a una temperatura de 500 °C por un período de 4 horas. Por último, se dejaron enfriar las muestras, y al igualar la temperatura del ambiente, se pesaron, para determinar mediante fórmulas el contenido mineral sin carbono.

#### 5.6.4 Fibra cruda

Para la determinación del contenido de fibra cruda se usó la metodología de ANKOM, en la cual, la muestra es digerida mediante el uso de ácido sulfúrico y tras ello, hidróxido de potasio, quedando como material residual la fibra total, calculando el porcentaje mediante el uso de fórmulas previamente establecidas (Komarek, 1993).

#### 5.6.5 Extracto etéreo

De igual manera, para la determinación del contenido de grasa total usamos la metodología de ANKOM (Komarek, 1993), en la que la muestra paso por una solución de ácidos y posteriormente una solución básica, para después ser enjuagada, secada y pesada, dejando como porcentaje de grasa el peso obtenido, en relación al peso inicial de la muestra.

#### 5.6.6 Proteína cruda

Para realizar la determinación del contenido de proteína del cultivo de trigo, se usó el método de Kjendahl (Lourdes & Serra, 1980), como se enlista en la Norma Oficial Mexicana NOM-F-68-S-1980 Alimentos: Determinación de Proteínas, en el cuál la muestra es tratada con ácido sulfúrico concentrado, después con un catalizador básico, y posteriormente, se realizó la cuantificación del nitrógeno amoniacal, usando un ácido fuerte. Los equivalentes de ácido requeridos serán el aproximado establecido para el amoniaco destilado.

#### 5.6.7 Extracto libre de nitrógeno

De acuerdo con (Díaz Inocencio, 2017) dentro de los elementos libres de nitrógeno se contemplan los azúcares, el almidón, ácidos orgánicos, pectinas y mucílagos. El proceso para determinar el extracto libre de nitrógeno consiste en restar al porcentaje de materia seca la suma de los porcentajes de extracto etéreo (grasa), proteína cruda, fibra cruda y ceniza total, todo lo anterior en base húmeda.

#### 5.6.8 Energía neta de mantenimiento (ENm)

La energía neta de mantenimiento mide la capacidad del alimento para satisfacer las necesidades de energía del animal, abarcando las funciones vitales. Se puede calcular mediante la ecuación obtenida de (Belyea *et al.*, 1993):

Energía neta de mantenimiento (ENm) =  $1.037 - 0.0124 \times \%FDA$ , donde:

FDA: fibra detergente ácida.

#### 5.6.9 Energía neta de ganancia (ENg)

Es la energía que el animal usa para aumentar sus tejidos, crecer o ganar peso. De igual manera, es posible determinarla en base a la ecuación proporcionada por (Belyea *et al.*, 1993):

$$\text{Energía neta de ganancia (ENg)} = \frac{\left\{2.54 - \left[\frac{2.42}{\text{ENm} \times 2.2}\right]\right\}}{2.2}$$

#### 5.6.10 Energía neta de lactancia (ENI)

Corresponde a la cantidad de energía que un animal puede obtener de un alimento para producir leche y mantener su organismo. La ecuación A de Seker ha sido la más precisa, según (Jorge Sobalvarro, 2017).

## VI. Resultados y discusión

Los resultados del análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ) mostraron diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) en las características de Peso seco de la planta (PSP) (Cuadro no. 8), Proteína cruda (PC) y Ceniza total (CEN) entre tratamientos o grupos (Cuadro no. 9). No obstante, para los resultados obtenidos de las variables de Peso seco de grano (PSG) (cuadro no. 8), Biomasa (BM), Extracto etéreo (EE), Fibra cruda (FC), Extracto libre de nitrógeno (ELN), Energía neta de mantenimiento (ENm), Energía neta de ganancia (ENg), Energía neta de lactancia (ENI), ( $p > 0.05$ ) no se obtuvieron diferencias significativas (Cuadro no. 9).

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

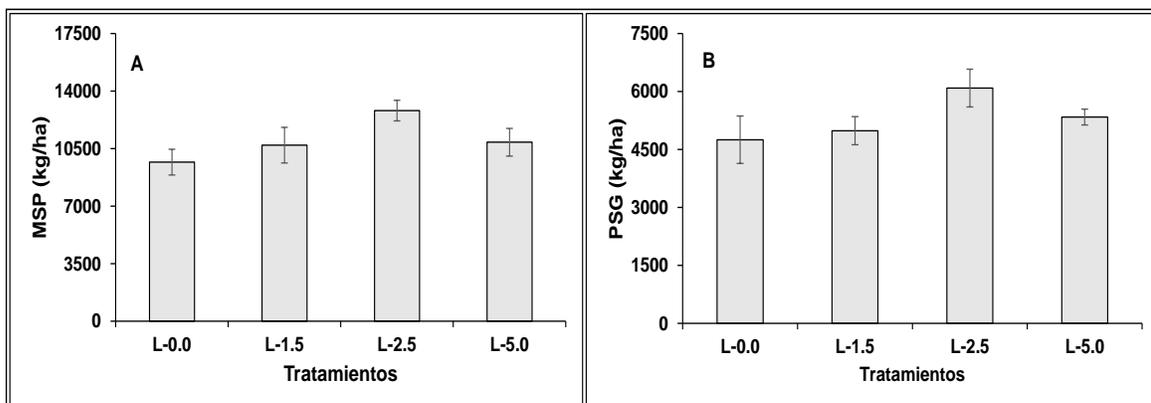
El procedimiento de análisis de varianza (ANVA), y la comparación de promedios (media) por el método de prueba de media TUKEY (con un nivel de significancia 0.05 para la variable de peso seco de la planta (PSP) (Figura no. 3) mostró diferencia significativa entre tratamientos.

El mayor valor de PSP se presentó con el tratamiento número 1 (testigo) siendo superior a los tratamientos 2 (15.20%), 3 (16.56%) y 4 (24.51%) respectivamente, por lo que podemos determinar que la adición de leonardita reduce el porcentaje de peso seco del cultivo de trigo al aumentar la cantidad de leonardita.

### **Peso seco de grano (PSG)**

El análisis estadístico de PSG no mostró diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) entre tratamientos. Lo anterior establece que no se mostró efectos de tratamientos (Figura no. 4 y Cuadro no. 8), lo que concuerda con los resultados obtenidos por (Ramos G. ,

2011), que señalan que la aplicación foliar de sustancias húmicas no influye en los rendimientos productivos de cultivos sin suelo.



**Figura No. 3. Peso seco de planta (A) y Peso seco de grano (B) de trigo al adicionar leonardita cristalizada**

**Cuadro no. 8. Valores promedios de PSP y PSG, con la adición de leonardita cristalizada.**

Tratamiento	PSP	PSG
(g/l)	(kg/ha)	
L-0.0	12840 a	6089 a
L-1.5	10888 ab	5337 a
L-2.5	10713 ab	4984 a
L-5.0	9680 b	4752 a
SE	**	NS

Valores con la misma letra en cada columna son estadísticamente iguales de acuerdo con la prueba Tukey; \*\*= diferencias significativas a una  $p \leq 0.05$ ; NS= diferencias no significativas: SE=Significancia estadística

### **Ceniza total**

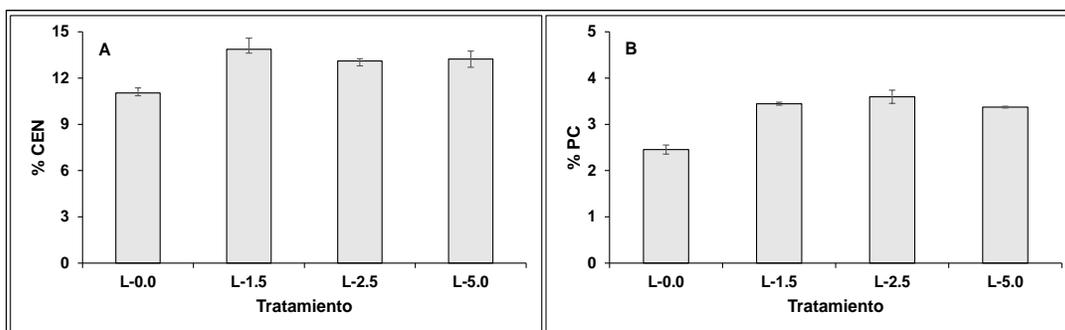
Para esta variable, de nueva cuenta el procedimiento de análisis de varianza (ANVA), y la comparación de promedios (media) por el método de prueba de media TUKEY (con un valor de Alpha ( $p$ )=0.05%) nos indica que tenemos diferencias significativas entre los 4 grupos evaluados:

Con ayuda del gráfico presentado en la figura no. 4, podemos observar que todos los tratamientos fueron superiores al testigo (T1), además de ser evidente que el tratamiento 2 (1.5 g/l) nos presentó un mayor contenido mineral (contenido de cenizas), siendo 25.66% superior al testigo, seguido de los tratamientos 4 (19.90%) y 3 (18.75%) respectivamente, por lo que podemos evidenciar que el adicionar leonardita aumenta la capacidad de absorción mineral del cultivo de trigo, obteniendo resultados similares a los recaudados por las investigaciones de (Hernández, 2011), donde la adición de ácidos húmicos y fúlvicos aumento el contenido de minerales en la planta y frutos.

### **Proteína cruda (PC)**

En base a los resultados de la comparación de promedios obtenidos del análisis de varianza (ANVA), podemos evidenciar que tenemos diferencias significativas en cuanto al contenido de proteína del cultivo de trigo en relación con el nivel de leonardita usado:

El análisis estadístico de PC mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre grupos, donde el menor valor de PC se presentó con la agregación de agua (Tratamiento testigo) en donde se puede establecer que al aumentar la concentración de leonardita cristalizada, los valores aumentaron en el orden L-2.5, L-1.5 y L-5.0. Lo anterior se presentó con la aplicación de 1.5, 2.5 y 5.0 g/l por litro de agua del compuesto de leonardita cristalizada, respectivamente. Tal y como se muestra en la figura no. 4, el tratamiento con mayor contenido de proteína cruda fue el número 3 (2.5 g/l) con un 46.44% superior al testigo, seguido de los tratamientos 2 y 4, con un 40.33% y 37.37%, respectivamente. Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por (Ramos G. , 2011), que sugieren que aunque las sustancias húmicas no tienen un efecto en el rendimiento productivo de un cultivo, si se estimulan los parámetros de calidad nutricional, como azúcares y proteínas totales.



**Figura No. 4. Porcentaje de Ceniza total y Proteína cruda de trigo al adicionar leonardita cristalizada**

### **Fibra cruda (FC)**

En el caso de esta variable, la comparación de medias del análisis ANVA no nos mostró diferencias significativas, como podemos observar en la figura 5.

Aun cuando el análisis estadístico no mostro diferencias significativas, las medias de los tratamientos 2 y 3 (1.5 y 2.5 g/l) fueron menores a la media del testigo (Tratamiento 1) por 7.09% y 19.54% respectivamente. Solo la media del tratamiento 4 (5 g/l) fue superior a la media del testigo, por un margen de 1.65%.

### **Biomasa (BM)**

El procedimiento de análisis de varianza (ANVA), y la comparación de promedios (media) por el método de prueba de media TUKEY (con un valor de Alpha (p)=0.05%) nos indica que tenemos diferencias significativas entre los 4 grupos evaluados, como podemos observar apoyándonos en la figura 5.

El tratamiento testigo fue superior a los demás tratamientos por 0.79%, 1.12% y 1.07% para los tratamientos 2, 3 y 4 respectivamente.

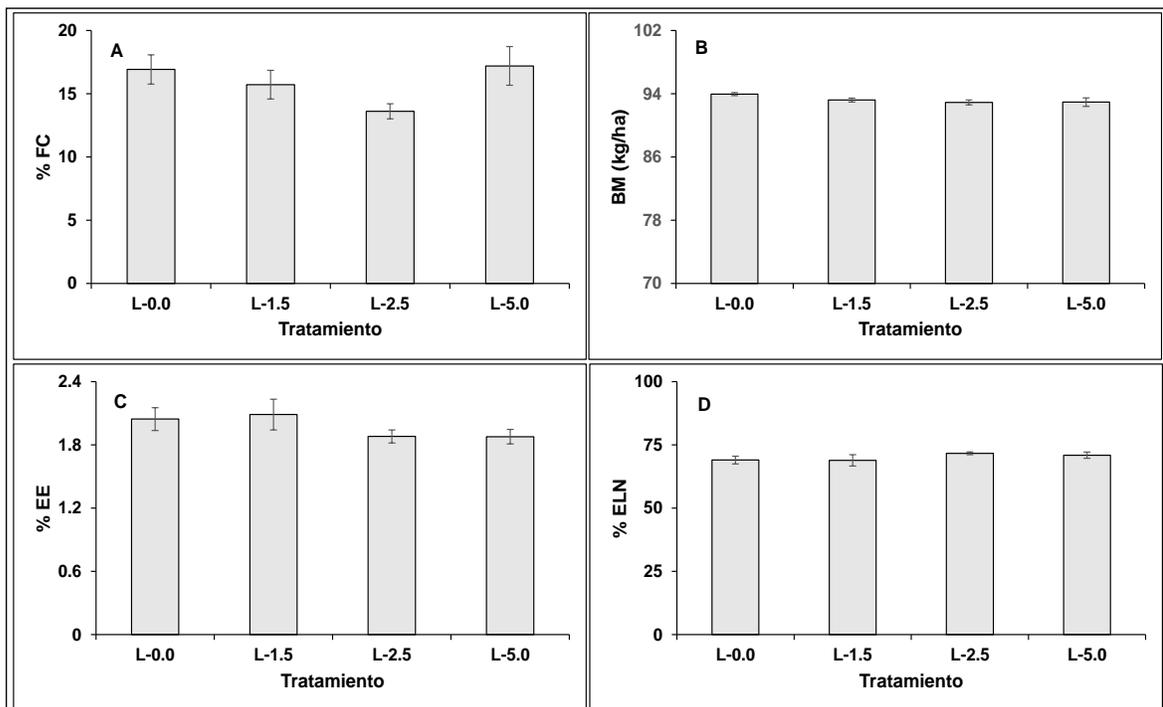
### **Extracto etéreo (EE)**

Al igual que en el caso de la fibra cruda, para la variable de extracto etéreo (grasa) no se encontraron diferencias significativas después de realizar el análisis ANVA y su respectiva comparación de medias, adjuntas en la figura no. 5.

### **Extracto libre de nitrógeno (ELN)**

En el caso de esta variable, el análisis de los datos mediante el modelo de comparación de medias de ANVA nos permite observar que no se obtuvieron diferencias significativas, como sugieren los siguientes datos:

Para esta variable, las medias de los tratamientos 3 y 4 (2.5 y 5 g/l) fueron superiores a la media del testigo en un 3.80% y 2.85%, respectivamente, siendo únicamente la media del tratamiento 2 (1.5 g/l) menor a la media del testigo por 0.13%.



**Figura No.5. Porcentaje de Fibra cruda (A), Biomasa (B), Extracto etéreo (C) y Extracto libre de nitrógeno (D) de trigo al adicionar leonardita cristalizada.**

### **Energía neta de mantenimiento (ENm)**

La poca variación de datos observable mediante el análisis ANVA usando la comparación de medias nos permite indicar que no se obtuvieron diferencias significativas entre los 4 tratamientos de estudio.

Las medias de los tratamientos 2 y 4 (1.5 y 5 g/l) son menores a la media del tratamiento 1 (testigo) por 1.51% y 1.81%, respectivamente. En cambio, la media del tratamiento 3 es ligeramente superior a la media del testigo, por 3.03%.

### **Energía neta de ganancia (ENg)**

Al igual que para el caso de la energía neta de mantenimiento (ENm), la energía neta de ganancia (ENg) no mostro diferencias significativas entre tratamientos tras realizarse su correspondiente análisis ANVA y comparación de medias:

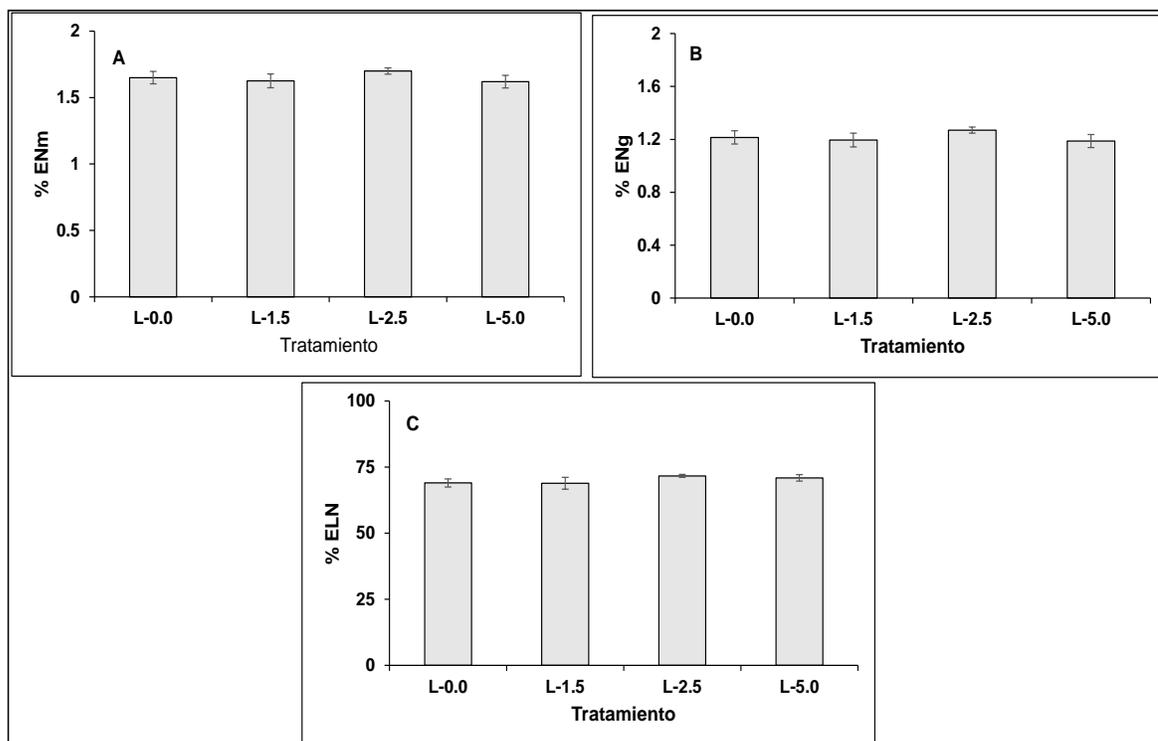
Para el caso de esta variable, las medias de los tratamientos 2 y 4 fueron 1.64% y 2.26% menores a la media del testigo. La media del tratamiento 3, por el contrario, se mostró un 4.52% superior, en comparación a la media del testigo.

### **Energía neta de lactancia (ENI)**

Al realizar el análisis de esta variable, podemos observar que al igual que con las otras variables de análisis de la energía a aportar, no tenemos diferencias significativas en base a la comparación de medias del análisis ANVA.

Para el caso de nuestra última variable evaluada, al igual que en los análisis de medias de ENm y ENg, las medias de los tratamientos 2 y 4 fueron menores a la media del tratamiento testigo por 0.77% y 1.08%, mientras que nuevamente la media del tratamiento 3 fue superior a la media del testigo, con un margen de 2.64%.

Se obtuvieron resultados similares en la investigación desarrollada por (Menájacome, 2011), donde al no existir diferencias en el contenido de nitrógeno, no se encontraron diferencias en la producción de leche, y al adicionar un aportador de nitrógeno, se mostraron diferencias significativas.



**Figura No. 6. Energía neta de mantenimiento (A), Energía neta de ganancia (B) y Energía neta de lactancia (C) de trigo al adicionar leonardita cristalizada.**

**Cuadro no. 9. Cuadrados medios y significancia estadística para las características del perfil nutricional, producido por leonardita cristalizada a diferentes concentraciones.**

F.V	GI	CEN	PC	FC	BM	EE	ELN	ENm	ENg	ENI
Entre grupos	3	6.0**	1.06**	10.6 <sup>NS</sup>	0.9 <sup>NS</sup>	0.05 <sup>NS</sup>	7.67 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	0.003 <sup>NS</sup>
Intra grupos	12	0.9**	0.03**	5.3 <sup>NS</sup>	0.5 <sup>NS</sup>	0.04 <sup>NS</sup>	9.06 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	0.005 <sup>NS</sup>
Total	15									

F.V= Fuentes de variación; GI= Grados de libertad; \*\*: Nivel de significancia ( $p < 0.05$ ); NS=No significativo

## VII. Conclusiones

La adición de leonardita no tuvo efecto en el porcentaje de fibra cruda y extracto etéreo (grasa), además de no tener una diferencia estadística significativa para el peso del grano, obteniendo resultados similares a los de los estudios realizados por (Rodríguez, 2017) que obtuvieron como resultado un aumento en la biomasa de las plantas mediante la adición de sustancias húmicas, pero no un mejor rendimiento.

Como señala la investigación realizada por (Rodríguez, 2017) los componentes de la leonardita aumentan la biomasa (lo que para nuestra investigación supone valores de materia seca y cenizas superiores al testigo, con diferencias estadísticamente significativas).

En adición, como lo mencionan (Veobides, Vladimir, & Guridi, 2018), las sustancias húmicas estimulan la actividad de enzimas clave en el metabolismo de carbono y nitrógeno, lo que contribuye al crecimiento y desarrollo de las plantas. Con esto como base, podemos entender el fenómeno que ocasionó qué en el análisis de proteína, cuyo cálculo base se obtiene a partir del contenido de nitrógeno, haya mostrado resultados significativos, permitiéndonos concluir que la adición de leonardita mejora este aspecto del perfil nutricional del cultivo, llevándonos a aceptar nuestra hipótesis H1, en la que tendríamos valores superiores del perfil nutricional del trigo, obteniendo diferencias significativas para la variable de proteína cruda.

Por último, aunque estadísticamente no existen diferencias significativas para las variables de energía analizadas (ENm, ENg y ENI), en los tres casos, la media del tratamiento 3 fue superior por poco a la media del testigo, lo que sugiere que la dosis recomendada por (Espinosa, 2021) (véase punto 5.5) brinda resultados satisfactorios.

## VIII. Literatura citada

Aury, J. (2022). Long-read and chromosome-scale assembly of the hexaploid wheat genome achieves high resolution for research and breeding. doi:2022

Avila, J. (2014). EL CULTIVO DEL TRIGO. SISTEMAS DE PRODUCCION EN EL NOROESTE DE MEXICO. UNIVERSIDAD DE SONORA, Sonora. Obtenido de <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20TRIGO.pdf>

- Balandrán, & Quintana. (2018). Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo. Ciencia UAT. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35482491/>
- Belderok, B., & Mesdag, H. (2000). Bread Making Quality of Wheat Springer.
- Belyea, R. S. (1993). Characterization of Novel Torrefied Biomass and Biochar Amendments. Characterization of Novel Torrefied Biomass and Biochar Amendments. Recuperado el 10 de 2024
- Bonjean, & Angus. (9 de noviembre de 2023). Trigo. Obtenido de <https://conahcyt.mx/cibiogem/trigo#:~:text=Su%20origen%20data%20de%20la,en%20la%20elaboraci%C3%B3n%20de%20alimentos.>
- Camacho, R., & Rubén. (9 de noviembre de 2023). Cultivo de trigo y la cebada. Obtenido de <https://conahcyt.mx/cibiogem/trigo>
- deSousa. (2021). The 10,000-Year Success Story of Wheat! doi:DOI: 10.3390/foods10092124
- Díaz Inocencio, D. L. (2017). Mrta. Manual de laboratorio de bromatología. Universidad Veracruzana. Facultad de ciencias biológicas y agropecuarias, Tuxpán, Veracruz, México. Recuperado el 21 de 10 de 2024
- Elizarrás, S., Serrato, J., & López, E. (2009). La aplicación de ácidos húmicos en las características productivas de *Clitoria ternatea* L. en la región Centro Occidente de México. Obtenido de La aplicación de ácidos húmicos en las características productivas de *Clitoria ternatea* L. en la región Centro Occidente de México: [https://scholar.google.com/scholar\\_lookup?title=La+aplicaci%C3%B3n+de+%C3%A1cidos+h%C3%BAmicos+en+las+caracter%C3%ADsticas+productivas+de+Clitoria+terate+a+L.+en+la+regi%C3%B3n+Centro+Occidente+de+M%C3%A9xico&author=Elizarrar%C3%A1s+S&author=Serrato+J&auth](https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=La+aplicaci%C3%B3n+de+%C3%A1cidos+h%C3%BAmicos+en+las+caracter%C3%ADsticas+productivas+de+Clitoria+terate+a+L.+en+la+regi%C3%B3n+Centro+Occidente+de+M%C3%A9xico&author=Elizarrar%C3%A1s+S&author=Serrato+J&auth)
- Espinosa, M. (2021). Comportamiento del rendimiento en cereales forrajeros con tres presentaciones de leonardita. Comportamiento del rendimiento en cereales

forrajeros con tres presentaciones de leonardita. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila. Recuperado el 23 de noviembre de 2023

FAO. (2012). Trigo, cebada y avena. Trillas.

Figuerola, & Martínez. (2017). Dietas para cerdos en iniciación incluyendo salvado de trigo y adicionadas con xilanasas. Ecosistemas y recursos agropecuarios. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6360548>

García (2019). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos (4° ed.). Madrid, España. Obtenido de <https://www.fundacionfedna.org/ingredientes-para-piensos>

Hernández, A. H. (2011). Ácidos húmicos y fúlvicos en la producción hidropónica de Chile Manzano (*Capsicum pubescens* R y P) en invernadero. Colegio de postgraduados.

Jorge Sobalvarro, A. R. (2017). Estimación de energía neta de lactancia a partir de la producción de gas in vitro inoculada con licor ruminal. Universidad Nacional Agraria, Nicaragua.

Kent. (1983). Technology of Cereals: An introduction for students of food science and agriculture. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/book/9780081005293/kents-technology-of-cereals>

Klaus, Institute, & Geological, A. (2005). Glossary of Geology. Obtenido de [https://books.google.com.mx/books?id=SfnSesBc-RgC&pg=PA369&redir\\_esc=y](https://books.google.com.mx/books?id=SfnSesBc-RgC&pg=PA369&redir_esc=y)

Komarek, A. (1993). Una técnica de filtrado mejorada para el análisis de fibra de detergente neutro y fibra de detergente ácido utilizando la técnica de bolsa de filtro. Tecnología Ankom. Corp. Recuperado el diciembre de 2023

Kuttel, W., & Díaz, M. (2015). Rendimiento y calidad de grano de trigo, cebada y avena en Paraná. Nacional de Tecnología Agropecuaria. Paraná. Recuperado el

Diciembre de 2023, de [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-\\_evaluacin\\_comparada\\_\\_trigo\\_cebada\\_y\\_avena.pd](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_evaluacin_comparada__trigo_cebada_y_avena.pd)

Linares, J. M. (2022). Ingeniera. Evaluación de la producción de forraje de tres genotipos de maíz (*Zea mays* L.). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.

López, F. (2011). Guía para Producir Trigo en el Sur de Sonora. SAGARPA-INIFAP-CIRNO, Sonora, México. Recuperado el 06 de diciembre de 2023

Lourdes, C. R., & Serra, R. (1980). Determinación de Proteínas. Norma Oficial Mexicana NOM-F-68-S-1980 Alimentos Determinación de Proteínas. Secretaría de Salubridad y Asistencia, México, México. Recuperado el 13 de diciembre de 2023, de [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4858024&fecha=04/08/1980#gsc.tab=0)

Menájacome, K. G. (2011). Evaluación del efecto del agronitrógeno y ecotrófon 40 con urea en potreros de pastos mejorados, en el sector Machachi. ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO, DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA, Sangolqui, Ecuador.

Miller, R. W., & Gardiner, D. T. (1998). Souls in our Environment.

Pourkheirandish, & et, a. (2020). Global Role of Crop Genomics in the Face of Climate Change. doi:DOI: 10.3389/fpls.2020.00922

Prescott, J., Burnett, & Saari (1986). Enfermedades y plagas del trigo: una guía para su identificación en el campo. CIMMYT, México. Obtenido de <https://repository.cimmyt.org/bitstream/handle/10883/1110/13397.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ramos, G. (2011). Calidad de fresa variedad san andreas producida con.

Ramos, R. (2000). Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Obtenido de aplicación de sustancias húmicas

comerciales como productos de acción bioestimulantes:  
<https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10018/1/Ramos-Ruiz-Roberto.pdf>

Rodríguez, E. r. (2017). M.C. Efectos de extractos fulvicos derivados de leonardita sobre la biomasa, variables fisiológicas y concentración de potasio de tomate en cáscara (*Physalis ixocarpa brot. ex horm.*). Colegio de psotgrados, Estado de México.

Rostagno, H. (2017). Tablas Brasileñas para aves y cerdos, Composición de Alimentos y Requerimientos Nutricionales, 4° Ed. Brasil. Recuperado el 02 de 2024

Salinas, A., Giuberguia, & Boccardo. (2015). Consumo y disponibilidad. Inta Manfredi, Argentina. Recuperado el 06 de diciembre de 2023, de <https://www.todoagro.com.ar/documentos/2015/riego-junio.pdf>

Sauvant, D., & Perez, J. (2004). Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage (Porcs, volailles, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons). INRA. Recuperado el 02 de 2024, de [https://www.researchgate.net/publication/342028671\\_Tables\\_de\\_composition\\_et\\_de\\_valeur\\_nutritive\\_des\\_matieres\\_premieres\\_destinees\\_aux\\_animaux\\_d'el\\_evage\\_Porcs\\_volailles\\_ovins\\_caprins\\_lapins\\_chevaux\\_poissons](https://www.researchgate.net/publication/342028671_Tables_de_composition_et_de_valeur_nutritive_des_matieres_premieres_destinees_aux_animaux_d'el_evage_Porcs_volailles_ovins_caprins_lapins_chevaux_poissons)

SIACON. (2023). Avance de Siembras y Cosechas. Avance de Siembras y Cosechas. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de [https://nube.siap.gob.mx/avance\\_agricola/](https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/)

SIAP. (2023). Escenario mensual de productos agroalimentarios. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Recuperado el 23 de noviembre de 2023, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/817534/Trigo\\_panificable\\_Marzo.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/817534/Trigo_panificable_Marzo.pdf)

SIAP, & SADER. (2021). Panorama agroalimentario. Panorama agroalimentario, Trigo 2021. FIRA. Recuperado el Julio de 2021

- Sola Oriol, D. (2019). Trigo blando. Trigo blando. Recuperado el 2024, de [https://www.3tres3.com/es-mx/articulos/trigo-blando\\_3094/](https://www.3tres3.com/es-mx/articulos/trigo-blando_3094/)
- Tan, K. H. (2003). Humin matter in soil and the environment principles and controversies. University of Georgia.
- Valencia, F. (2009). Horas Frío en Relación al Rendimiento de Trigo: Áreas de Producción del Estado de Sonora. SAGARPA-INIFAP, Sonora.
- Veobides, H., Vladimir, V., & Guridi, F. (2018). Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estres ambiental. Universidad agraria de la Habana (UNAH).

## IX. Anexos

**Cuadro no. 10: Datos para el procedimiento ANVA**

Observación	Tratamiento	Repetición	PG	MSPA
1	T1	1	4891	10134
2	T1	2	6417	11657
3	T1	3	4100	8830
4	T1	4	3600	8100
5	T2	1	5348	12248
6	T2	2	3841	7691
7	T2	3	6023	12343
8	T2	4	4725	10570
9	T3	1	6600	13700
10	T3	2	5430	12230
11	T3	3	5126	11326
12	T3	4	7200	14000
13	T4	1	4330	9730
14	T4	2	6540	12640
15	T4	3	4700	9200
16	T4	4	5780	11980

*T1= tratamiento 1 (agua), T2= tratamiento 2 (1.5 g/l), T3= tratamiento 3 (2.5 g/l) y T4= tratamiento 4 (5 g/l).*

**Cuadro no. 11: Análisis físico-químico del suelo HAPLARGID, obtenido de (Linares, 2022).**

<b>Análisis físico-químico del suelo HAPLARGID</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Ap</b>	<b>Ap2</b>	<b>Bt1</b>	<b>Bt2</b>
pH	7.7	7.8	7.9	7.9
CE mS/cm	0.413	0.726	0.688	0.546
Da g/cm <sup>3</sup>	1.19	1.11	1.61	1.61
Materia orgánica %	4.037	3.51	2.667	2.72
Arcilla %	34	36	48	62
Limo %	34	30	26	18
Arena %	32	34	26	20
Textura	Franco arcillosa	Franco arcillosa	Arcillosa	Arcillosa

**Cuadro no. 12: Análisis físico-químico del suelo CAMBORTHIDS, obtenido de (Linares, 2022).**

<b>Análisis físico-químico del suelo CAMBORTHIDS</b>				
<b>Parámetros</b>	<b>Ap</b>	<b>Ap2</b>	<b>Bw</b>	<b>BC</b>
pH	7.8	7.8	7.7	7.6
CE mS/cm	0.35	0.556	0.318	0.286
Da g/cm <sup>3</sup>	1.21	1.19	1.11	1.06
Materia orgánica %	2.044	1.66	1.063	0
Arcilla %	36	38	42	38
Limo %	36	32	32	40
Arena %	28	30	26	22
Textura	Franco arcillosa	Franco arcillosa	Arcillosa	Franco arcillosa