

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE RECURSOS NATURALES RENOVABLES



**Producción de forraje de maíz (Zea mays) variedad NH 447
fertilizado con Leonardita**

Por:

URIEL SANTIAGO ORTIZ

TESIS

Presentada Como Requisito Parcial Para
Obtener El Título De:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, enero 2022.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL

**Producción de forraje de maíz (Zea mays) variedad NH 447
fertilizado con Leonardita**

POR:

URIEL SANTIAGO ORTIZ

TESIS PROFESIONAL

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

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobada por:




Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez

Asesor Principal



M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos

Coasesor



Dr. Neymar Camposeco Montejo

Coasesor



Dr. Josué Israel García López

Coasesor





UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
COORDINACIÓN DE CIENCIA ANIMAL

Dr. José Dueñez Alanís

Coordinador de la División de Ciencia Animal

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, enero 2022.

DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, enero de 2022.

DECLARO QUE:

El trabajo de investigación titulado "Producción de forraje de maíz (Zea mays) variedad NH 447 fertilizado con Leonardita" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaron los derechos de autor, esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación de este, ni a un nuevo envío.

Uriel Santiago Ortiz



Nombre

Firma

RESUMEN

El maíz (*Zea mays*) es una gramínea que se ocupa como alimento para el hombre y una gran parte se ocupa como forraje para la alimentación de la ganadería, en especial en el ganado lechero. El objetivo de este estudio fue determinar el comportamiento productivo de maíz (*Zea mays*), variedad NH447 en función de la aplicación de leonardita y de la edad de cosecha, en el ciclo primavera- verano. Se usó un diseño experimental de bloque al azar, con cuatro repeticiones. Se midieron las variables de rendimiento de forraje (RF), composición morfológica (CM) y relación hoja:tallo (R:H/T). En el RF y R:H/T, no hubo efecto de la aplicación de Leonardita ($p>0.05$), solo de la edad a la que se cosecho la planta ($p<0.05$). A los 80 Días Después de la Siembra (DDS), se presentó el menor RF con $10,409 \text{ kg MS ha}^{-1}$ y el mayor valor a los 125 DDS con un promedio de $19,506 \text{ kg MS ha}^{-1}$, siendo similar a lo producido a los 95 y 110 DDS ($p>0.05$). Independiente del tratamiento, la relación hoja:tallo es mayor a los 80 DDS con un valor de 1.0, y se reduce a los 95, 110 y 125 DDS, con un promedio de ambos tratamientos de 0.5, 0.6 y 0.7, respectivamente. La producción de hoja, y material muerto, no hubo efecto de la aplicación de Leonardita y de la cosecha DDS, los promedios fueron de $2,666$ y $1,406 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente. En el tallo y fruto, solo presentó efecto DDS, la menor producción a los 80 DDS y mayor a los 95, 110 y 125 DDS. La inflorescencia fue mayor en el testigo. El fruto aportó el 36 % al rendimiento total, seguida por el tallo (32 %), hoja (19 %), material muerto (10 %), e inflorescencia (3 %). En conclusión, la aplicación de leonardita no tuvo un efecto significativo en la productividad de maíz variedad NH447, en el ciclo primavera-verano, así mismo la edad óptima de cosecha de las cuatro edades evaluadas es a partir de los 95 días después de la siembra.

Palabras clave: *Zea mays*, Comportamiento productivo, producción de forraje, composición morfológica, punto óptimo de cosecha.

ABSTRAC

Corn (*Zea mays*) is a grass that is used as food for man and a large part is used as forage for feeding livestock, especially dairy cattle. The objective of this study was to determine the productive behavior of corn (*Zea mays*), variety NH447 based on the application of Leonardite and the harvest age, in the spring-summer cycle. A randomized block experimental design was used, with four replications. The variables of forage yield (RF), morphological composition (CM) and leaf: stem ratio (R: H / T) were measured. In the RF and R: H / T, there was no effect of the application of Leonardite ($p > 0.05$), only of the age at which the plant was harvested ($p < 0.05$). At 80 Days After Sowing (DDS), the lowest RF was presented with 10,409 kg DM ha⁻¹ and the highest value at 125 DDS with an average of 19,506 kg DM ha⁻¹, being similar to that produced in the 95 and 110 DDS ($p > 0.05$). Regardless of the treatment, the leaf: stem ratio is greater than 80 DDS with a value of 1.0, and it is reduced at 95, 110 and 125 DDS, with an average of both treatments of 0.5, 0.6 and 0.7, respectively. The production of leaf, and dead material, there was no effect of the application of Leonardite and of the DDS harvest, the averages were 2,666 and 1,406 kg DM ha⁻¹, respectively. In the stem and fruit, it only presented DDS effect, the lowest production at 80 DDS and higher at 95, 110 and 125 DDS. The inflorescence was higher in the control. The fruit contributed 36% to the total yield, followed by the stem (32%), leaf (19%), dead material (10%), and inflorescence (3%). In conclusion, the application of Leonardite did not have a significant effect on the productivity of variety NH447 maize, in the spring-summer cycle, likewise the optimum harvest age of the four evaluated ages is from 95 days after sowing.

Keywords: *Zea mays*, Productive behavior, forage production, morphological composition, optimum harvest point.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a mis padres: **Vicenta Santiago Ortiz e Isaías Sánchez Santiago**; a ustedes por darme todo su apoyo, amor y cariño para lograr mi sueño, por el sacrificio y apoyo que me han brindado durante todo el periodo de mis estudios y doy gracias por ser parte de sus vidas. A mi familia, mis seres queridos y a mis hermanos, al igual doy mil gracias a mi abuela Dominga Ortiz Ayala, que ha sido mi segunda madre en toda mi vida y me a poyado en todo, en las buenas y en malas, agradezco a mis tíos Fusto Santiago Ortiz, Juan Santiago Ortiz, por el apoyo moral y económico, por ustedes soy la persona que soy el día de hoy.

A mi ALMA TERRA MATER: por ser mi segundo hogar, por dame un espacio en sus aulas al igual que darme toda la sabiduría y por todos los bellos momentos que he pasado desde que llegue a refugiarme a tu lado, gracias UAAAN.

Al Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez; por darme la confianza de poder hacer las cosas con responsabilidad y creer en mí mismo, por ser un ejemplo a seguir, por dedicarme todo el tiempo y paciencia necesario para poder sacar el trabajo de investigación adelante.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Isaías Sánchez Santiago y Vicenta Santiago Ortiz por haberme dado la oportunidad de seguir con mis estudios, de darme todo el apoyo económico, emocional y moral, gracias por darme su confianza, su esfuerzo y dedicación, sé que es difícil dedicarle tiempo a cada uno de mis hermanos y a mí, pero con lo poco que me pudieron dar, estoy muy agradecido por todos los esfuerzos que han hecho por mí y por durante toda la vida, y doy mis gracias a ustedes padres por convertirme en el profesionalista que ahora soy, gracias por las buenas enseñanzas y por guiarme a un camino mejor en la vida.

A MI ABUELA

Dominga Ortiz Ayala, usted ha sido mi segunda madre, en durante todo el desarrollo de la vida, me ha apoyado durante todo el tiempo, hemos estado en las buenas y en las malas y usted siempre me apoyado, agradezco todos los consejos y buenas pláticas que me ha brindado, y gracias por el cariño y amor que siempre me ha atendido, por darme esta oportunidad de demostrarle que en esta vida si se puede lograr nuestros objetivos y nuestras metas.

A TODOS MIS FAMILIARES

A mis tíos, tías, gracias a todos los que creyeron en mí y a los que no también, por todos aquellos consejos que de corazón me decían, agradezco a mi tío Alejandro Santiago Ortiz, por confiar en mí, agradezco todas las enseñanzas que me ha brindado durante todo este tiempo, a mis primos, primas, quienes me dan su cariño incondicional, a mis primos profesionistas que fueron el camino a seguir, que siempre hacen de mis días los más felices, a todos ustedes les dedico este éxito. Y por último agradezco a mi tío Fausto Santiago Ortiz, Juan Santiago Ortiz, por darme su apoyo económico, moral y todas motivaciones por seguir adelante, Gracias a todos por creer en mí y siempre darme ánimos para continuar.

A MIS AMIGOS

Por todos y cada uno de los bellos momentos, que pasamos durante esta formación profesional agradezco todos los consejos y apoyos que nos brindamos durante todos estos tiempos, a los que vamos de salida éxito en su vida profesional, y a los que aún les falta, les deseo lo mejor de lo mejor en su formación.

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	7
1.1 OBJETIVOS.....	9
1.1.1 Objetivo general.....	9
1.1.2 Objetivos específicos.....	9
1.2 HIPÓTESIS.....	9
II. REVISIÓN DE LITERATURA	10
2.1 Generalidad del maíz.....	10
2.1.1 Origen.....	10
2.1.2 Importancia del cultivo del maíz.....	10
2.2 Descripción del maíz.....	11
2.2.1 Clasificación taxonómica	11
2.2.2 Descripción botánica	12
2.3 Formas de utilización y calidad del forraje de maíz	13
2.4 Condiciones de adaptabilidad del maíz	14
2.4.1 Condiciones de suelo	14
2.4.2 Temperatura	15
2.4.3 Precipitación o disponibilidad de humedad.....	15
2.5 Aplicación de leonardita en cultivos forrajeros	16
III. MATERIALES Y MÉTODOS	17
3.1 Sitio experimental	17
3.2 Diseño experimental y tratamientos.....	18
3.3 Variables evaluadas.....	18
3.3.1 Rendimiento de forraje	18

3.3.2 Composición morfológica (CM).....	18
3.3.3 Relación hoja:tallo	19
3.4 Análisis estadísticos.....	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
4.1 Rendimiento de forraje.....	20
4.2 Composición morfológica.....	21
4.3 Relación Hoja:Tallo.....	25
V. CONCLUSIONES.....	26
VI. LITERATURA CITADA	27
VII. ANEXOS	32

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del maíz (<i>Zea mays</i> .).....	12
Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg MS ha ⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.	21
Cuadro 3. Relación hoja tallo (R:HT) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Medias quincenales de la temperatura máxima (T_{máx}, °C), mínima (T_{min}, °C) y precipitación acumulada (PP, mm) durante el periodo de estudio del 16 de mayo al 16 de septiembre del 2020, en maíz cultivar NH447, en Saltillo Coahuila, México.17
- Figura 2.-** Cambios en la composición morfológica del cultivo del maíz híbrido NH447, cosechado a diferentes edades de la planta con y sin la aplicación de leonardita.....24

ÍNDICE DE ANEXOS

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca (kg MS ha ⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.....	32
Cuadro 2. Rendimiento de hoja (kg MS ha ⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020	33
Cuadro 3. Aportación de hoja de maíz (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.	34
Cuadro 4. Rendimiento de tallo (kg MS ha ⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.	35
Cuadro 5. Rendimiento del tallo (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.	36
Cuadro 6. Rendimiento de material muerto (kg MS ha ⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.....	37
Cuadro 7. Análisis de varianza de M.M (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.	38
Cuadro 8. Rendimiento de Inflorescencia (kg MS ha ⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.....	39
Cuadro 9. Rendimiento de Inflorescencia (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020	40

Cuadro 10. Rendimiento de Fruto del maíz (kg MS ha ⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.....	41
Cuadro 11. Rendimiento de fruto (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.	42
Cuadro 12. Rendimiento Relación hoja:tallo (R:H/T) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.....	43

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de maíz no tiene un origen exacto, aunque las evidencias apuntan al sur de México y centro América. El maíz es una planta anual con gran desarrollo vegetativo, muy fuerte, su nombre científico es *Zea mays*; su desarrollo vegetativo tiene una duración entre 80 y 200 días. Existen variedades enanas que alcanzan una altura de 40 a 60 cm, y los gigantes de 200 a 300 cm de altura, con gran diversidad de colores, *Zea mays* es utilizado principalmente para la alimentación en diferentes partes del mundo (Robles,1990). El maíz es una gramínea que se cultiva en todo el mundo, su adaptabilidad permite su cultivo en más de 113 países. Entre sus principales usos se encuentran la alimentación humana, animal, es mas utilizada como forraje en la ganaderia tanto el grano como la plantula completa en silos y producción de almidones; por otra parte, es un insumo para la elaboración de aceites, barnices, pinturas, caucho y jabones, etc. (Chávez, 1995). El maíz es el alimento básico de mayor importancia en México y en casi todos los países de América. En México se calcula que esta especie cubre alrededor del 51% del área total que se encuentra bajo cultivo, respecto a nivel mundial el maíz ocupa el tercer lugar en la producción. La importancia de esta especie no solo es la producción del grano para el consumo humano, si no también hay una considerable cantidad asignada para la alimentación pecuaria en forma de forraje. El maíz esta entre los cereales mas cultivados en el mundo, Mexico es su centro de origen y los maices criollos son las especies domesticadas que han sido seleccionadas y han evolucionado con el tiempo (Peña *et al.*, 2004). Desde un punto de vista alimentario, económico y social, el maíz es el cultivo con mayor importancia en México. Durante el periodo 2000-2011 ocupó el 57 % de la superficie sembrada y cosechada totales en promedio anual; generó el 8.5% del volumen de 2 producción agrícola total, representando el 45% del valor total de la producción (SAGARPA, 2011). El maíz es uno de los cultivos más importante de México. No solo se utiliza como alimento diario de las familias mexicanas, sino también en la ganadería, especialmente como alimento para bovinos lechero. Se aprovecha como alimento ganadero en distintas etapas fenologicas de la planta, principalmente a partir del momento en que aparece la panoja. La finalidad de ensilar el maíz, es conservarlo en silos para que

este se fermente. El ensilaje, se puede realizar aproximadamente 90 días después de la siembra, de esta manera aumenta su nivel nutritivo en cuanto a su valor energético (SADER, 2020). En México se produce gran cantidad de forrajes de buena y de mala calidad que pueden utilizarse en tanto en condiciones de riego como en temporal, podemos lograr la disponibilidad del forraje durante la mayor parte del año estableciendo siempre variedades de forrajes que se adapten a las condiciones del lugar donde se requiere sembrar. La plántula del maíz nos permite poderlo almacenar como alimentos para tiempos de escasez, se pueden ensilar gran variedad de forrajes manteniendo su calidad nutritiva. El almacenamiento de la planta del maíz en forma de silo conserva forrajes frescos, este es un proceso rentable, que evita pérdidas de materia seca y nutrientes, manteniendo siempre una buena palatabilidad para el ganado (ICAMEX, 2018).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo general

- Determinar la productividad del cultivar de maíz NH447 en función de la aplicación de leonardita, cosechado en cuatro estados fenológicos, en la estación de primavera- verano, en el sureste del estado de Coahuila.

1.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar rendimiento de forraje, relación hoja:tallo, composición morfológica y radiación interceptada del maíz (*Zea mays* L.), del híbrido NH447, cosechado en cuatro estados fenológicos, fertilizado con leonardita.
- Identificar el momento óptimo del maíz (*Zea mays* L.) híbrido NH447, para producción de forraje, cosechado en cuatro estados fenológicos.

1.2 HIPÓTESIS

- Hay mayor rendimiento de materia seca con la aplicación de la leonardita.
- A mayor edad de la planta el rendimiento de materia seca se incrementa.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidad del maíz

2.1.1 Origen

La planta de maíz se deriva de la teocinte (*Zea mays* L.) que se desarrolla de manera silvestre en Mesoamérica. Hay estudios realizados en México en que estas pequeñas mazorcas, encontradas en cuevas de la región árida de Tehuacán, fueron encontradas por análisis de carbono radiactivo, alrededor de 5000 años a.C. En la época precolombina el maíz se introdujo en Sudamérica, donde se tuvo un amplio proceso de domesticación. Como resultado, el maíz es una especie que presenta varios centros de diversificación que va desde México hasta Sudamérica (Greenpeace, 2000). El maíz es una cultura muy antigua de unos 7000 años de antigüedad, de origen indio que se cultivaba por las zonas de México y América central. Hoy en día su cultivo está muy esparcido por todo el resto de países y en especial en toda Europa donde ocupa una posición muy elevada (INFOAGRO, 2007)

2.1.2 Importancia del cultivo del maíz

Hoy en nuestros días el maíz, junto con el trigo y el arroz, son uno de los tres cereales con mayor importancia en el mundo. En general se cultiva en 134,2 millones de hectáreas, lo que aporta una cosecha de 559,3 millones de toneladas anuales. Los principales países productores son Estados Unidos, China y Brasil, seguidos por Argentina, Sudáfrica y Europa. El maíz se utiliza en un 78% para alimentación animal (compuestos y forraje), sobre todo para terneros, cerdos y gallinas. Un 2,4% se utiliza como alimento. En forma elaborada como aceite, almidón, edulcorante, alcohol o harina, el maíz también forma parte de muchos productos alimenticios. El maíz tiene una gran importancia dentro del territorio nacional debido a su consumo y a la gran extensión de tierras dedicadas al cultivo del maíz (*Zea mays*). Debido a la situación cuenta con el primer lugar de superficie cultivable, sin embargo, a pesar de su importancia la producción nacional no es suficiente para satisfacer las necesidades de

consumo, trayendo como consecuencia su importancia, esto se debe a la falta de autosuficiencia de este grano básico. En México se están haciendo gran esfuerzo para aumentar el rendimiento de grano de Maíz (*Zea Mays L.*), debido a la gran importancia que tiene como alimento, forraje y materia prima para la industria. La siembra de variedades mejoradas, ofrece la perspectiva de un rápido y considerable aumento en la productividad de este cereal (Martínez *et al.*, 2005).

El maíz es un cultivo agrícola con gran importancia en México, tanto desde el punto de vista alimentario, industrial, político y social. Realizando un análisis el maíz en relación con los demás cereales que se producen en México (trigo, sorgo, cebada, arroz y avena, principalmente), en cuanto a la evolución del volumen de la producción de maíz, la tasa media anual de crecimiento (TMAC) de 1996 a 2006 fue de 2.0%, no obstante, los decrementos registrados en 2002 y 2005 en la producción obtenida de -4.1 y -10.8%, respectivamente. El cultivo de maíz en México se caracteriza por la producción de una amplia gama de variedades, por lo que es posible generar una gran cantidad de productos finales: tortillas, forraje, glucosa, fructosa, dextrosa, aceites, botanas, etanol para bebidas o como insumo en la producción de biocombustible (INFOAGRO, 2007).

2.2 Descripción del maíz

2.2.1 Clasificación taxonómica

Nombre común o vernáculo: Maíz

Nombre científico o binominal: *Zea mays L.*

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del maíz (*Zea mays*).

Reino	Plantae
Filum	magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Familia	Poaceae
Orden	Poales
Genero	<i>Zea</i>
Especie	<i>zea may</i>

Fuente: García (2017).

2.2.2 Descripción botánica

Según Maroto (1998), el maíz presenta las siguientes características botánicas:

- a. **Raíces:** La principal función de la raíz es aportar un excelente anclaje a la plántula. En algunos casos sobresalen algunos nudos de las raíces al nivel del suelo para mayor soporte de la planta, aquellas raíces secundarias o adventicias.
- b. **Tallo:** El tallo está en forma de caña y macizo en su interior, tiene una altura elevada pudiendo alcanzar los 4 metros de altura, además es robusto y no presenta ramificaciones.
- c. **Hojas:** Son largas, se presentan en formas alternas y de gran tamaño. Se encuentran abrazando al tallo y con presencia de vellosoidad en el haz, además los extremos de las hojas son muy afilados y cortantes.
- d. **Inflorescencia:** Es una planta monoica pues presenta inflorescencia masculina y femenina separada dentro de la misma planta. La inflorescencia masculina es una panícula de coloración amarilla que posee aproximadamente entre 20 a 25 millones de granos de polen, además cada flor que compone la panícula contiene tres estambres donde se desarrolla el polen.
- e. **Grano:** La cubierta de la semilla (fruto) se llama pericarpio, es dura, por debajo se encuentra la capa de aleurona que le da color al grano (blanco, amarillo, morado), contiene proteínas y en su interior se halla el endospermo con el 85-90% del peso del grano.

2.3 Formas de utilización y calidad del forraje de maíz

Todos los métodos de conservación, conllevan pérdida de materia seca, que son asumibles siempre y cuando la técnica de conservación se realice de manera correcta. Es recomendable tratar de evitar dichas pérdidas, pues estas afectaran el valor nutritivo del producto Espinosa y Tadeo (1995). Estrada *et al.* (2000), da a conocer que las características organolépticas de los forrajes, es decir, color, textura, olor entre otros, nos ayudan a tener una percepción sobre la calidad del forraje, pero aun así es necesario realizar un análisis físico-químico. Referente al color, para que sea un forraje de calidad, este debe tener una coloración similar al que tenía antes de ser cosechado, comúnmente color verde.

En los henos, cuando los forrajes son recolectados en una etapa avanzada de su madurez, presentan colores pajizos, lo que indica que su calidad nutritiva es baja, sucede regularmente en forrajes de gramíneas. Por otro lado, los colores castaños nos muestran que existe un nivel de humedad excesivo, por encima del 15% o ensilados con fermentaciones inadecuadas (aeróbicas) lo cual reduce la digestibilidad de la proteína cruda. El olor también es una característica importante a valorar, por lo general un forraje tiene un olor a hierba y, debe mantenerse agradable durante su conservación, mientras que los que se perciben con olores a moho, estiércol o cualquier olor extraño se descartan como forrajes de calidad (Perulactea, 2014).

La calidad del grano del maíz puede caer durante el desarrollo del cultivo por factores ambientales como la temperatura o la humedad. También puede pasar en el momento de la cosecha y la poscosecha, dependiendo de las condiciones de secado, almacenado y transporte. Los daños que presente serán fácilmente visibles, haciendo que esto afecte su comercialización, uso y procesamiento. Estas anomalías en todo el grano, o en alguna de sus partes, son alteraciones externas o internas que se dan como resultado de diferentes variantes y afectan su cobertura o su química (Sánchez, 2015).

En el caso del ensilado, la cosecha para forraje debe realizarse cuando los granos de maíz se encuentran en estado “lechoso” o “masoso”, de preferencia en el último, esto porque se obtiene el equilibrio de la máxima calidad y el óptimo rendimiento. Bajo estas condiciones, el forraje verde contiene aproximadamente el 70% de humedad y un óptimo contenido de hidratos de carbono fácilmente fermentable y aprovechable si se somete a ensilar. Se ha observado que el forraje verde que se cosecha después de la época oportuna para realizar el corte, disminuye la proteína bruta y aumenta la celulosa, lo que determina una reducción gradual del valor nutritivo (Robles, 1983).

2.4 Condiciones de adaptabilidad del maíz

2.4.1 Condiciones de suelo

El maíz se adapta a distintos tipos de suelos. Los suelos más idóneos para el cultivo de maíz son de textura media (francos), fértiles, bien drenados, profundos y con una excelente capacidad de retención del agua (Deras, 2014). Al igual se puede desarrollar en una gran variedad de suelos, el crecimiento de la planta del maíz en suelos arenosos y arcillosos es muy pobre si no se realizan las labores adecuadas (Castillo, 2008). El maíz se puede adaptar a muchos tipos de suelo, pero en suelos de textura franca, franco-arcilloso y franco-limoso, es donde se aprecia el mejor desarrollo. La planta del maíz ocupa además suelos profundos, ricos en materia orgánica con buen drenaje, cuando se realiza siembras en estos suelos, las semillas van a germinar con más facilidad; Las plantas se mantienen rígidas, vigorosas y se obtienen frutos de mayor tamaño y de mejor calidad (INFOAGRO, 2012).

Por su parte Deras (2014), menciona que el maíz, puede crecer muy bien en suelos que tengan un pH entre 5.5 y 7.8. INFOAGRO (2012), nos da a entender que el cultivo de maíz se adapta a suelos con textura franca, franco-arcilloso y franco-limosos, estos con un pH de 6.5 a 7.5 es donde se alcanza apreciar el mejor desarrollo de las plantas. Así mismo, Zaragoza (2012) estipula que cultivo del maíz se puede

adaptar a distintos suelos, prefiere un pH de 6 y 7, pero la planta se puede adaptar a condiciones de pH más bajos y más elevados, e incluso se puede dar en terrenos calizos, siempre y cuando la cal no implique el bloqueo de los micro elementos.

2.4.2 Temperatura

Se requiere una temperatura media de 10 °C para la siembra del maíz, y que vaya en aumento. Para que la floración se desarrolle normalmente conviene que la temperatura sea de 18 °C como mínimo. Por otra parte, el hecho de que deba madurar antes de los fríos hace que tenga que recibir bastante calor (Zaragoza, 2012). La planta del maíz requiere una temperatura de 25 a 30 °C, así como bastante incidencia de luz solar, para que produzca la germinación de la semilla la temperatura debe de estar entre los 15 a 20 °C, la planta del maíz llega a aguantar temperaturas mínimas de 8 °C y a partir de los 30 °C, comienza a surgir serios problemas debido a la mala absorción nutrientes, minerales y agua (SDA, 2005).

2.4.3 Precipitación o disponibilidad de humedad

Las fuertes necesidades de agua en la planta del maíz dependen mucho del área del cultivo. Las mayores necesidades corresponden a la época de la floración, comenzando 15 ó 20 días antes de éste del período crítico de necesidades de agua, por lo que necesita lluvias frecuentes o campos tecnificados con sistemas de riego (Zaragoza, 2012). Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento de 40 a 65 cm. Es un cultivo exigente en agua con un orden de unos 5 mm al día, cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua por lo que es necesario mantener una humedad constante, sin embargo, las necesidades de agua van variando a lo largo del cultivo manteniendo una humedad constante; en la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere (Martínez *et al.*, 2004). El maíz es un cultivo muy exigente en agua con el orden de unos 5 mm al día, los riegos pueden realizarse por aspersion y por gravedad. El riego

más utilidad hoy en la actualidad es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del ciclo del cultivo (INZUNZA, 2010).

2.5 Aplicación de leonardita en cultivos forrajeros

Los ácidos húmicos son derivados del mineral Leonardita, una forma oxidada de lignito, y son los constituyentes principales de materia orgánica vegetal en un estado avanzado de descomposición, mencionan que estas sustancias son producto del proceso de humificación de la materia orgánica en descomposición. Este proceso se da de manera natural en el suelo cuando el agricultor realiza aplicaciones de cualquier fuente de materia orgánica, tales como: guano de rumiantes, “humus” de lombriz. La obtención de sustancias húmicas a partir de esta aplicación toma de 2 a 3 años, es por eso que la tendencia actual es la aplicación directa de sustancias húmicas, actualmente las sustancias húmicas se aplican al suelo como acondicionadores y estimulantes del crecimiento de las plantas, y, gracias a su alta efectividad, son conocidos como el “oro negro” de la agricultura (FOCSA,2007).

En las gramíneas fertilizadas con leonardita se encuentran muchas plantas importantes, una de ellas es la avena que se usa como alimento humano y en la elaboración de concentrados para la alimentación animal, porque se destina cerca del 80 por ciento de la producción nacional para su consumo como forraje verde, forraje henificado, grano y alimentos balanceados, además menciona que la aplicación de la leonardita mejoro la calidad de la avena forrajera, Con la adición del ácido húmico denominado Umifétil SG, aumentó la calidad forrajera de la avena, con excepción del contenido de proteína (OSORNIO, 2008).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Sitio experimental

El trabajo se llevó a cabo durante la estación de primavera- verano del 16 de mayo al 16 de septiembre del 2020, iniciando el primer muestreo a los 80 Días Después de la Siembra (DDS), en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Las coordenadas del sitio experimental son 25° 23' de Latitud Norte y 101° 00' de Longitud Oeste, a una altitud de 1,783 m. El clima es clasificado como templado semi-seco, con una temperatura promedio de 18 °C, con inviernos extremos y con una precipitación media anual de 340 mm (RUOA UNAM, Observatorio Atmosférico Saltillo, UAAAN 2019). Las temperaturas máximas y mínimas y precipitación acumulada mensual desde la siembra hasta el final del experimento, se presentan en la Figura 1.

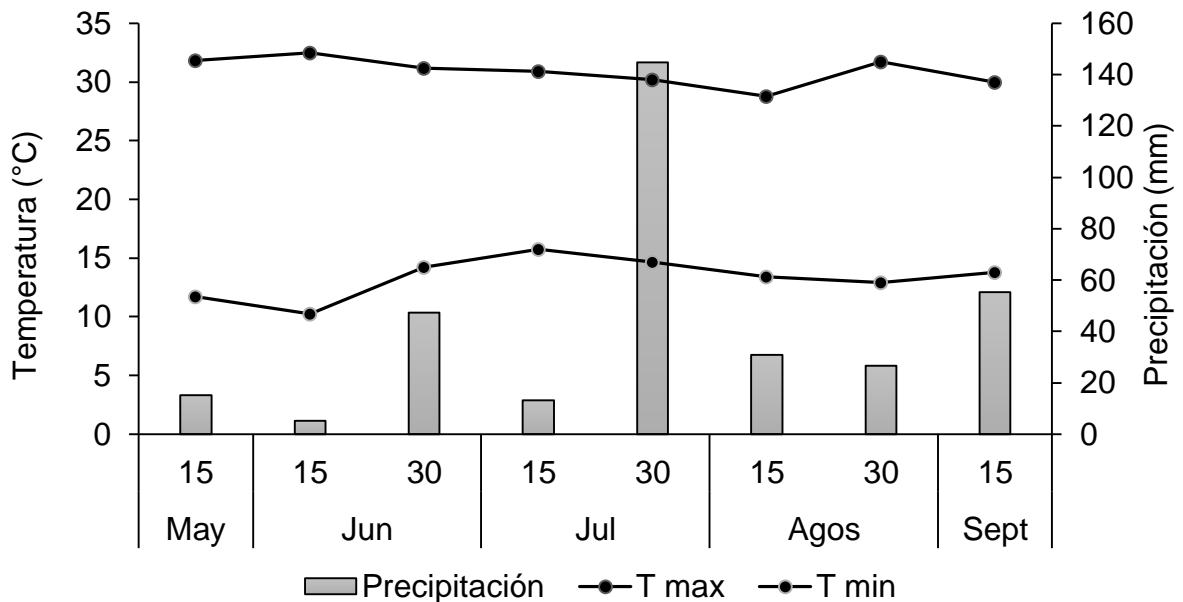


Figura 1. Medias quincenales de la temperatura máxima (T_{máx}, °C), mínima (T_{min}, °C) y precipitación acumulada (PP, mm) durante el periodo de estudio del 16 de mayo al 16 de septiembre del 2020, en maíz cultivar NH447, en Saltillo, Coahuila, México.

3.2 Diseño experimental y tratamientos

Se utilizó una parcela de maíz de la var. NH447, con una densidad de 50,000 plantas ha⁻¹. El área experimental estuvo formada por 16 cama de 288 plantas por cama. A cada cama se le aplicaron 2 mL/Lt de agua de leonardita. Las aplicaciones fueron en cinco ocasiones, cada catorce días, iniciando 14 DDS. Se usó un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron las fechas de corte de maíz con y sin la aplicación de Leonardita, como fuente de fertilizante. Los muestreos se realizaron cada quince días. La unidad experimental fueron 5 surcos de 5 metros de longitud. Los riegos fueron cada 14 días en época de estiaje a capacidad de campo, mediante riego por goteo con cintilla calibre 6000.

3.3 Variables evaluadas

3.1.1 Rendimiento de forraje

Se cortaron 5 plantas de maíz de los surcos del centro de la unidad experimental, para evitar el efecto orilla, se etiquetaron con numero de repetición y tratamiento. Se pre-secaron durante 72 h a la interperie y posteriormente se secaron totalmente en una estufa de aire forzado modelo No. POM-246F, No. 800, a una temperatura de 55 °C, hasta peso constante y se registró el peso de la materia seca, y su estimación en kilogramos de materia seca por hectárea (kg MS ha⁻¹)

3.3.2 Composición morfológica (CM)

Cada planta por repetición y tratamiento cosechadas para rendimiento de forraje, fueron separadas en hojas, tallos, material muerto, inflorescencia y fruto. Cada componente se secó en la estufa de aire forzado y se determinó su peso seco y se estimó su aportación al rendimiento total en porcentaje (%) y en kg MS ha⁻¹. utilizando las siguientes formulas:

$$CM (\%) = \left[\frac{\text{Peso total del componente}}{\text{Peso total de la CM}} \right] \times [100]$$

$$\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} = \left[\frac{\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1} \text{ componente}^{-1}}{\text{Kg MS ha}^{-1} \text{ corte}^{-1}} \right] \times [100]$$

3.3.3 Relación hoja:tallo

Los datos originados a partir de la composición morfológica de hoja y tallo, de la biomasa de la planta del maíz, se utilizaron para estimar la relación hoja:tallo, la cual se calculó dividiendo el peso seco de la hoja entre el tallo, mediante la siguiente formula:

$$R: H/T$$

Dónde:

R = Relación del peso de la hoja, respecto a la del tallo.

H = Peso de la hoja (kg MS ha⁻¹).

T = Peso del componente tallo (kg MS ha⁻¹)

3.4 Análisis estadísticos

Para determinar el efecto del momento del corte y de la aplicación de leonardita, bajo un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones, se llevó a cabo un análisis de varianza con el procedimiento PRO GLM del SAS para Windows versión 9.3 (SAS Institute, 2011) y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey (p<0.05). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor de la variable de respuesta en el tratamiento i , repetición j

μ = Media general de la población estudiada

α_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto del i -ésimo bloque.

ε_{ij} = Error estándar de la media

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Rendimiento de forraje

En el Cuadro 2, se presenta el análisis de varianza del rendimiento de maíz en el ciclo de producción primavera – verano 2020, cosechado a diferentes edades de la planta y utilizando como fuente de fertilización leonardita. No se presentaron diferencias en la producción de materia seca al aplicar Leonardita ($p > 0.05$), con un promedio general de $16,492 \text{ kg MS ha}^{-1}$, pero sí al cosechar el maíz a diferentes edades de la planta ($p < 0.05$). Los promedios de días después de la siembra (DDS), mostraron que cuando se cosecho el maíz a 80 DDS, se registró menor rendimiento ($10,409 \text{ kg MS ha}^{-1}$) y mayor cuando se cosecho a los 125 DDS ($p > 0.05$) con un promedio de $19,506 \text{ kg MS ha}^{-1}$, sin ser diferente a los producidos a los 95 y 110 DDS. Así mismo, en ambos tratamientos, el rendimiento más bajo fue a los 80 DDS, con promedios de $9,638$ y $11,180 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respectivamente, para el testigo y leonardita, mientras el mayor a los 95, 110 y 125 DDS. No obstante, al aplicar leonardita se incrementó el rendimiento de forraje en todas las edades de la planta muestreadas con un promedio de $2,732 \text{ kg MS ha}^{-1}$, representando 15.2% más respecto al testigo.

Por su parte Borreal (2014), encontró diferencia significativa en la interacción híbridos con la aplicación de algaenzimas, un mejorador y potenciador del suelo, semejante a la leonardita. Las mejores interacciones correspondieron a los híbridos; Caimán, Ocelote y AN423 con 1 L ha^{-1} de algaenzimas y el híbrido Berentsen 302 sin aplicación de algaenzimas, con medias de rendimiento de 23.83 , 20.17 , 19.39 y $19.11 \text{ ton MS ha}^{-1}$, respectivamente, y las interacciones con rendimientos más bajos fueron en los híbridos; AN423, Ocelote y Caimán sin aplicación de algaenzimas, con medias de rendimiento de 13.90 , 14.99 y $15.04 \text{ ton MS ha}^{-1}$, respectivamente.

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días después de la siembra				x̄	EEM
	80	95	110	125		
Testigo	9638 Ab	17030 Aa	17293 Aa	16543 Aa	15126 A	2653
Leonardita	11180 Ab	18838 Aa	18943 Aa	22470 Aa	17858 A	3148
x̄	10409 b	17934 a	18118 a	19506 a	16492	2112
EEM	1896	3025	3818	3002	1696	

Medias con la misma literal minúscula en cada hilera y misma literal mayúscula en cada columna, no son diferentes estadísticamente ($p>0.05$); EEM= Error estándar de la media.

4.2 Composición morfológica

En la Figura 1, que se muestra la aportación al rendimiento en kg MS ha⁻¹ y en porcentaje, de cada componente morfológico de maíz, cosechado a diferentes Días Después de la Siembra (DDS), con y sin la aplicación de leonardita. La fertilización con leonardita en maíz híbrido NH447 no afectó estadísticamente la producción de los componentes morfológicos, ni su aportación al rendimiento total ($p>0.05$), pero sí por la edad de cosecha a la cual el cultivo fue cortado ($p<0.05$), a excepción en el rendimiento de la hoja ($p>0.05$). En la producción de hoja se obtuvo un promedio general de 2,666 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 2; Anexos), no obstante, al fertilizar el híbrido de maíz NH447 con leonardita se incrementó la producción de hoja en todos los momentos de cosecha en un promedio de 547 kg MS ha⁻¹, representando 18.6 % más respecto al testigo, lo que puede representar mayor calidad del forraje. Dependiendo de la calidad de forraje que ofrezcamos en la producción animal, nos permitirá obtener los resultados que esperamos, de otra forma nos vemos obligados a incrementar suplementos concentrados en la dieta animal (Perulactea, 2014). En el porcentaje de aportación, la hoja fue mayor en el testigo a los 125 DDS, respecto a la aplicación de

Leonardita (14 y 13 %, respectivamente; $p < 0.05$). Independientemente del tratamiento a los 80 DDS (29 %) fue mayor que a los 95, 110 y 125 DDS (Cuadro 3; Anexos).

En el tallo se registró un promedio general de 4,978 kg MS ha⁻¹. Independientemente del tratamiento a los 80 DDS se registró el menor rendimiento de tallo con un promedio 3,018 kg MS ha⁻¹, respecto a lo producido a los 95, 110 y 125 DDS (Cuadro 4; Anexos). No obstante, cuando al maíz NH447 se le aplicó leonardita se incrementó el rendimiento de tallo en todos los momentos de cosecha, a excepción a los 110 DDS, en un promedio de 703 kg MS ha⁻¹, representando 13.1 % más respecto al testigo, lo que puede representar mayor cantidad de azúcares al utilizarlo como ensilado. De acuerdo con McDonald (1991), los forrajes que contienen pocos azúcares solubles para fermentar o un bajo contenido de materia seca no producen un ensilaje de buena calidad; por lo tanto, para inducir una buena fermentación es preciso aumentar el contenido de azúcares, ya sea agregándolos directamente (p. ej. usando melaza) o introduciendo enzimas que puedan liberar otro tipo de azúcares presentes en el forraje. En el porcentaje de aportación, el tallo a los 95 DDS (37 %) fue mayor a los 110 y 125 DDS ($p < 0.05$) y similar estadísticamente a lo aportado a los 80 DDS ($p > 0.05$).

En el caso del material muerto se presentó un promedio general de 1,406 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 6; Anexos), a los 80 DDS con promedio 1,998 kg MS ha⁻¹, fue mayor a lo presente a los 110 DDS (1,042 kg MS ha⁻¹) y similar a lo registrado a los 95 y 125 DDS, sin embargo, en el porcentaje de aportación este descendió desde los 80 DDS (18 %; $p < 0.05$) respecto a los 95, 110 y 125 DDS (Cuadro 7; Anexos). En la producción de inflorescencia, se obtuvo un promedio general de 344 kg MS ha⁻¹ (Cuadro 8; Anexos), sin embargo, la mayor cosecha se registró a los 80 DDS, y menor a los 110 y 125 DDS ($p < 0.05$) y el 95 DDS similar a los 80 DDS ($p > 0.05$). A sí mismo, a los 110 DDS la aplicación de leonardita provocó mayor producción de inflorescencia respecto al testigo con 335 y 239 kg MS ha⁻¹, respectivamente, lo que puede ser reflejo de una mayor madures de la planta. De la misma forma, los porcentajes de aportación al

rendimiento mostraron que la mayor aportación fue a los 80 DDS, y menor a mayor edad de la planta (95, 110 y 125 DDS; $p < 0.05$).

En el fruto solo se detectó efecto de la aplicación de fertilizante a los 125 DDS, donde fue mayor el tratamiento leonardita con $12,588 \text{ kg MS ha}^{-1}$, respecto a los producido en el testigo de $8,278 \text{ kg MS ha}^{-1}$ ($p > 0.05$). Lo anterior cobra importancia sobre la calidad del forraje en cuanto al contenido de proteína del alimento ofrecido al ganado. Los promedios, independientemente del tratamiento, mostraron que a mayor edad la planta presento mayor producción de fruto a los 95, 110 y 125 DDS, respecto al menor valor a los 80 DDS ($2,138 \text{ kg MS ha}^{-1}$), en un porcentaje de aportación del 15 % a los 80 DDS y 51 % a los 125 DDS ($p > 0.05$). Al respecto, Borrás y Otegui (2001) mencionan que la reducción en el peso de grano está relacionada con el incremento en el número de granos.

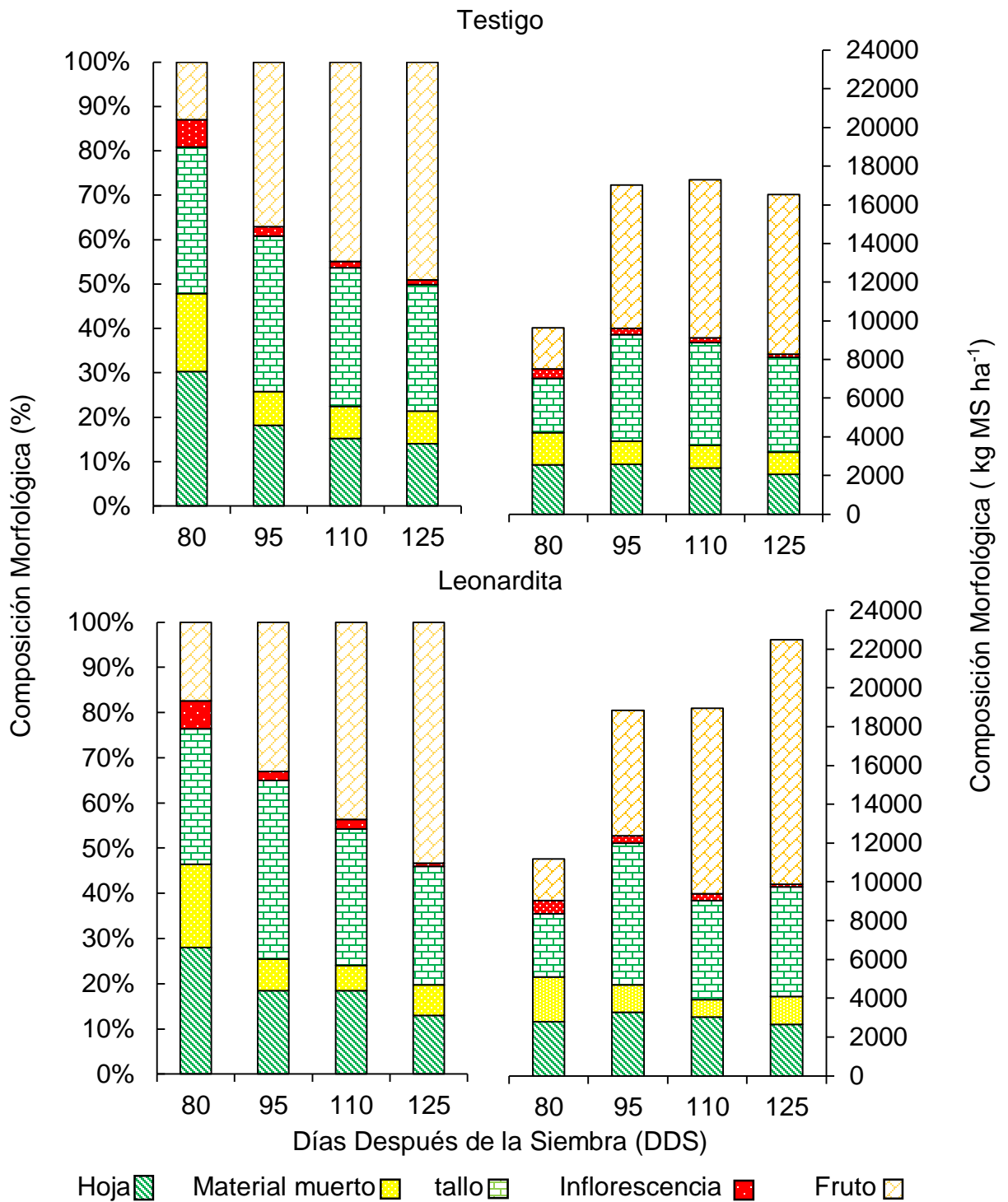


Figura 2. Cambios en la composición morfológica del cultivo del maíz híbrido NH447, cosechado a diferentes edades de la planta con y sin la aplicación de leonardita.

4.3 Relación Hoja:Tallo

En el Cuadro 3 se presentan el análisis de varianza de la relación hoja-tallo (R:H/T) del maíz híbrido NH447, en el ciclo de producción primavera – verano 2020. No se presentaron diferencias estadísticas en la relación hoja respecto al tallo, cuando se aplicó Leonardita ($p>0.05$), el promedio general fue de 0.7, lo que indica que el tallo superó en 0.3 veces más en peso de la hoja. Sin embargo, independientemente si se aplicó o no Leonardita, la edad a la que se cosecho la planta si afectó relación hoja:tallo, esta fue mayor a los 80 DDS con un valor de 1.0, lo cual indica que se produjo la misma cantidad de hoja respecto al tallo, posteriormente los valores se redujeron a los 95, 110 y 125 DDS, con valores de 0.5, 0.6 y 0.6, respectivamente ($p<0.05$), lo que es referencia de una buena, mala o mediada calidad del forraje. Estos resultados fueron menores en comparación a los mostrados por Elizondo y Boschini (2002) que evaluaron la producción de forraje con maíz criollo y con maíz híbrido, obteniendo una relación hoja-tallo en base verde y seca que fue siempre inferior a una para todas las densidades de siembra mostrando un rango para la hoja de 1.42 a 1.67cm y un rango para el tallo de 0.97 a 1.18.

Cuadro 3. Relación hoja tallo (R:HT) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días después de la siembra				\bar{x}	EEM
	80	95	110	125		
Testigo	1.0 Aa	0.5 Ab	0.5 Ab	0.6 Ab	0.6 A	0.06
Leonardita	1.0 Aa	0.5 Ab	0.6 Ab	0.6 Ab	0.7 A	0.12
\bar{x}	1.0 a	0.5 b	0.6 b	0.6 b	0.7	0.05
EEM	0.20	0.09	0.06	0.15	0.08	

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P< 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P< 0.05$); EEM= error estándar de la media.

V.CONCLUSIONES

El uso de leonardita como fuente de fertilizante en maíz cultivar NH447 no afectó el rendimiento de materia seca, y sus componentes morfológicos y su aportación a la producción total de forraje, sin embargo, hay un incremento del 15 % del rendimiento de forraje al usar leonardita. Sin embargo, la edad a la que se cosecho la planta sí influyó en las variables evaluadas. El componente que más aportó al rendimiento total fue el fruto con 36 %, seguida por el tallo, hoja, material muerto e inflorescencia con 32, 19, 10 y 3 %, respectivamente. De las cuatro edades evaluadas, la más aceptable para la cosecha es a los 95, 110 o 125 días después de la siembra, dado el mayor rendimiento y características morfológicas.

VI.LITERATURA CITADA

- Aceves R., E., A. Turrent F., J. I. Cortés F. y V. Volke H. 2002.** Comportamiento agronómico del híbrido H-137 y materiales criollos de maíz en el valle de Puebla. Rev. Fitotec. Mex. 25: 339-347.
- Aguila, C., C., 2014.,** Calidad de rendimiento de maíz en función del tipo de fertilización en ambientes contrastantes. 110-111 pp.
- Alvarez, J. 2007.** Revista sembrando. "El desarrollo del país en buenas manos". BNF. 22-23pp.
- Amador, A.; Boschini, C. 2000.** Fenología productiva y nutricional del maíz para la producción de forraje. Agronomía Mesoamericana 11(1):171-177.
- Beriola M. L, 2002.** El cultivo de maíz para ensilaje. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Lomas de Zamora 1ra parte. 96 p.
- Borroel G.V 2014.** Híbridos de maíz grano y forraje en alta densidad y aplicación de ácido húmico y algaenzimas. pp 18.
- Borrás, L. y M. E. Otegui. 2001.** Maize kernel weight response to postflowering source-sink ratio. Crop Sci. 49: 1816-1822.
- Castillo, L., Velázquez, E., Huitrón, G., & Rosales, V. 2008.** Combinación de Estrategias Estadísticas para la Selección de Híbridos de Maíz Combination of Statistics Strategies for a Maize Hybrid Selection. XXX VBBBO NY5, 20 p.
- Castro, L, C., J, 2005** Evaluación y adaptabilidad de 10 variedades de maíz (zea mays) en la zona de jalapa. p 31.
- Chávez A., J. L. 1995.** Mejoramiento de Plantas 1. Segunda Edición. Ed. Trillas. México. 136 p.
- Deras F. H., 2014.** Guía Técnica el Cultivo de Maíz. 32 p.

- Espinosa C., A. y M. Tadeo R. 1995.** Desespigamiento en cruza simples de maíz y su efecto en la producción de semillas. Rev. Fit. Mex.18 (1): 9 - 15.
- Espinosa C., A. y M. Tadeo R. 1998.** Evaluación de desespigue mecánico en híbridos dobles de maíz, en los valles altos de México. Nota Técnica. Agronomía Mesoamericana. 9 (1): 90 - 92.
- Espinoza B. A., Gutiérrez del R. E, Palomo G. A., Lozano G. J. J. y González C. M. E. 2003.** Estimación de los efectos genéticos en híbridos varietales de maíz forrajero. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". 15 p.
- Estrada C., G., C. G. Martínez R., E. J. Morales R. y C. Gonzáles V. 2000.** Rendimiento y componentes de rendimiento en híbridos y cultivares de maíz para valles altos. Nota Científica. Memoria del XVIII Congreso Nacional de Fitogenética. 15 al 20 octubre. Irapuato. Guanajuato, México. 21 p.
- FOCSA. 2007.** Importancia de los ácidos húmicos MO-STD. Disponible en <http://fosacperu.blogspot.com/2007/07/importancia-de-los-cidos-humicos-del-mo.html>. (Consultado el 16 de octubre de 2013). pp12.
- Fortes, D.; Herrera, R.S.; García M.; Cruz, A. M.; Romero A. 2012.** Composición química de Pennisetum purpureum vc. Cuba CT-115 utilizado como banco de biomasa. Revista Cubana de Ciencia Agrícola, Tomo 46, Número 3,.(en línea) Consultado el 25 de sep. de 2014. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193025294016>
- García M., 2017.** Taxonomía en plantas <http://taxonomiaenplantas2017.blogspot.com/2017/10/maiz.html>
- Gebauer, A. 1994.** Evaluación de 10 híbridos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en la provincia de Valdivia. Tesis Lic. Agr. Valdivia, Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Agrarias. 71pp.

- Greenpeace, 2000.** El maíz en América Latina, contaminación del centro de origen del maíz. 10 p.
- Gutierrez, L.; Santini, F.; Van olphen, P. y Viviani Rossi, E. 2000.** Efectos del momento y altura de corte sobre la producción y calidad de la materia seca de maíz para silaje. XVI Reunión Latinoamericana de Producción Animal. Montevideo. 2 p.
- Icamex, 2018** Ensilaje. Obtenido de Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal: 16 de enero 2020. <http://icamex.edomex.gob.mx/search/node/ensilaje>
- Infoagro, 2007.** El Ensilaje. Una Alternativa para la Conservación de Forrajes. Boletín técnico. Bucaramanga, Pág., 8-9 syngentaseeds.es/biotecnologia/maiz21.htm#, 2010
- INFOAGRO, 2012.** “El cultivo del maíz”. Disponible en: www.infoagro.com/herbaceos/cereales/maiz.asp. Consultado el 17/08/2012.
- INZUNZA, 2010.** Producción del maíz forrajero bajo condiciones de fertilización orgánica y cero tratamientos de herbicida. 17 p.
- Izquierodo, B., R., A., 2012** Evaluación del cultivo de maíz (zea mays), como complemento a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escasez de alimento. cayambe – ecuador. 87 p.
- Maroto, J. 1998.** “Horticultura herbácea especial”. 4ta Edición. Ediciones Mundi Prensa. Madrid-España. 589-593 pp.
- Martínez G., M. I., R. Gaytán B., L. Reyes M., M. Luna F., J. S. Padilla R. y N. Mayek P. 2004.** Rendimiento de grano y forraje de maíces híbridos de riego en Aguascalientes y Zacatecas, México. Agricultura Técnica en México. 30:53-61.
- Martínez-L, C., Mendoza-Onofre, L. E., García-de los Santo, G., Mendoza, Ma. Del C “y” Martínez., G Á. (2005).** Producción de semilla híbrida de maíz con líneas

Androfértiles y Androestérides Isogénicas y respuesta a la fertilización y densidad de población. *Rev. Fitotec. Mex.* Vol. 28 (2): 127-133.

Mcdonald, P. et al. 1991. *The Biochemistry of Silage*. 2nd ed. Marlow, UK: Chalcombe Publications. 42 p.

Naresh, K. S. and C. P. Singh. 2001. Eficiencia de recuperación del nitrógeno aplicado al estadio de seis hojas del maíz bajo riego en siembra directa y labranza convencional. *Ciencia del Suelo*. 19:57-66.

Osornio, 2008. efectividad de tres sustancias húmicas de leonardita en la calidad de avena forrajera (*Avena sativa*). 15 p.

Peña R. A., Gonzáles CF., Núñez, HG., Jiménez G. C., 2004. Aptitud combinatoria de líneas de Maíz para alta Producción y Calidad Forrajera. *Rev. Fitotec, México*, pp. 1-6.

Perulactea. 2014. Parámetros para Evaluar la Calidad de Los Forrajes. Obtenido de Perulactea: Consulta 05 de diciembre del 2020. <http://www.perulactea.com/2014/12/05/parametros-para-evaluar-la-calidad-de-los-forrajes/>

Robles S. R., 1983. Producción de Granos y Forrajes 5a edición, México, pp.76-77.

SAGARPA, 2011. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Manual de Plagas y Enfermedades en Maíz. 45 p.

Sánchez, 2015., Análisis de crecimiento de genotipo del maíz de valles altos en competencia con maleza. 38 p.

Scheneiter, y Carrete, J. 2004. Aspectos agronómicos del maíz para silaje. IDIA XXI (IV) N° 6. Buenos Aires. Cereales: 134-140.

Smith, M.E. y Paliwal, R.L. 1996. Contributions of genetic resources and biotechnology to sustainable productivity increases in maize. In: K. Watanabe &

E. Pehu, eds. Plant biotechnology and plant genetic resources for sustainability and productivity. Austin, TX, USA, R.G. Landes and Academic Press. (in press)

Zaragoza, 2012. Recomendaciones de productos “SEPHU” en el cultivo de maíz. 8 p.

VII. ANEXOS

Cuadro 1. Rendimiento de materia seca (kg MS ha⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamientos	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	9638 Ab	17030 Aa	17293 Aa	16543 Aa	15126 A	0.011	2653	5858
Leonardita	11180 Ab	18838 Aa	18943 Aa	22470 Aa	17858 A	0.007	3148	6949
\bar{x}	10409 b	17934 a	18118 a	19506 a	16492	0.001	2112.	4662
Pr > F	0.1	0.7	0.2	0.1	0.1			
EEM	1896	3025	3818	3002	1696			
DMS	4268	6809	8593	6756	3817			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 2. Rendimiento de hoja (kg MS ha⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	2538 Aa	2565 Aa	2393 Aa	2073 Aa	2392 A	0.07	337.7	745.6
Leonardita	2795 Aa	3280 Aa	3020 Aa	2663 Aa	2939 A	0.02	361.8	798.8
\bar{x}	2666 a	2923 a	2706 a	2368 a	2666	0.03	303.7	670.4
Pr > F	0.07	0.3	0.2	0.0909	0.1			
EEM	253.5	397.8	469.7	269.1	316.4			
DMS	570.6	895.2	1057.1	605.6	712.1			

D Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia (P< 0.05); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia (P< 0.05); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 3. Aportación de hoja de maíz (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamientos	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	30 Aa	18 Ab	15 Ab	14 Ab	19 A	0.0003	2.4	5.3
Leonardita	28 Aa	18 Ab	18 Ab	13 Bb	19 A	0.0022	3.1	6.9
\bar{x}	29 a	18 b	17 b	14 b	19	<.0001	1.7	3.8
Pr > F	0.8	0.01	0.3	0.02	0.74			
EEM	6.3	0.35	2.3	1.20	2.03			
DMS	14.2	0.79	5.2	2.71	4.57			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 4. Rendimiento del tallo (kg MS ha⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	2793 Aa	5515 Aa	5306 Aa	4893 Aa	4627 A	0.04	1337.7	2953.1
Leonardita	3243 Ac	7328 Aa	5118 Ab	5633 Ab	5330 A	0.0002	683.6	1509
\bar{x}	3018 b	6421 a	5212 a	5263 a	4978	0.0003	614.7	1357.1
Pr>F	0.3	0.4	0.3	0.5	0.2171			
EEM	646.9	1509.7	1253.3	1846.8	807.9			
DMS	1455.9	3397.4	2820.5	4156.1	1818.1			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 5. Rendimiento del tallo (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	33 Aa	35 Aa	31 Aa	28 Aa	32 A	0.323	4.9	11.02
Leonardita	30 Ab	39 Aa	30 Ab	26 Ab	31 A	0.002	2.8	6.28
\bar{x}	31ab	37a	31b	27b	32	0.025	2.8	6.38
Pr > F	0.2	0.3	0.7	0.3	0.3			
EEM	2.1	4.3	5.7	4.4	2.1			
DMS	4.9	9.7	12.9	9.9	4.9			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 6. Rendimiento de material muerto (kg MS ha⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	1683 Aa	1205 Aa	1176 Aa	1133 Aa	1299 A	0.5	515.6	1138.3
Leonardita	2313 Aa	1398 Aab	908 Ab	1438 Aab	1514 A	0.09	559.5	1235.1
\bar{x}	1998 a	1301 ab	1042 b	1285 ab	1406	0.09	367.07	810.3
Pr > F	0.6	0.6	0.08	0.5	0.1			
EEM	928.2	503.1	126.2	362.3	145.3			
DMS	2088.9	1132.1	284.08	815.3	327.1			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia (P< 0.05); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia (P< 0.05); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 7. Rendimiento de material muerto (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	17 Aa	8 Ab	7 Ab	7 Ab	10 A	0.027	3.6	8.16
Leonardita	18 Aa	7 Ab	6 Ab	7 Ab	9 A	0.004	3.4	7.68
\bar{x}	18 a	7 b	6 b	7 b	10	0.006	3.2	7.07
Pr > F	0.16	0.4	0.3	0.07	0.06			
EEM	4.04	1.4	1.5	0.57	0.80			
DMS	9.09	3.2	3.5	1.29	1.80			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 8. Rendimiento de Inflorescencia (kg MS ha⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	488 Aa	315 Ab	239 Bbc	168 Ac	302 A	0.0015	63.9	141.2
Leonardita	693 Aa	365 Aa	335 Aa	150 Aa	386 A	0.1587	261.8	578.08
\bar{x}	590 a	340 ab	287 b	159 b	344	0.0187	129.7	286.4
Pr > F	0.5	0.1	0.06	0.8	0.2			
EEM	370.4	42.03	32.7	54.2	72.6			
DMS	833.6	94.5	73.6	122.1	163.5			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 9. Rendimiento de Inflorescencia (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	6 Aa	2 Abc	1 Ac	1 Ab	3 A	<.0001	0.5	1.2
Leonardita	6 Aa	2 Ab	2 Ab	1 Ab	3 A	0.0076	1.2	2.8
\bar{x}	6 a	2 b	2 b	1 b	3	<.0001	0.5	1.2
Pr > F	0.9	0.3	0.3	0.03	0.5			
EEM	2.4	0.4	0.5	0.35	0.5			
DMS	5.5	0.9	1.2	0.79	1.2			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 10. Rendimiento de fruto del maíz (kg MS ha⁻¹) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	2138 Ab	7430 Aab	8179 Aa	8278 Ba	6506 A	0.07	2664.9	5882.7
Leonardita	2138 Ac	6468 Abc	9563 Aab	12588 Aa	7689 A	0.003	2327.6	5138.2
\bar{x}	2138 b	6949 a	8871 a	10433 a	7097	0.002	1808.8	3993
Pr > F.	0.2	0.5	0.5	0.07	0.2460			
EEM	1399.6	2792.8	3214.0	1331.7	1076.3			
DMS	3149.7	6284.9	7232.8	2996.8	2422.1			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 11. Rendimiento de fruto (%) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	13 Ab	37 Aa	45 Aa	49 Aa	36 A	0.0050	8.55	18.8
Leonardita	17 Ac	33 Ab	44 Aab	53 Aa	37 A	0.0009	6.52	14.4
\bar{x}	15 c	35 b	44 ab	51 a	36	0.0005	6.09	13.4
Pr > F	0.3	0.23	0.3	0.4	0.8			
EEM	7.3	4.91	4.1	6.3	2.9			
DMS	16.4	11.05	9.3	14.3	6.5			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.

Cuadro 12. Rendimiento de relación hoja:tallo (R:H/T) de maíz del híbrido NH447, con y sin la aplicación de Leonardita y cosechado a diferente edad de la planta, en el ciclo primavera-verano 2020.

Tratamiento	Días Después de la Siembra (DDS)				\bar{x}	Pr > F	EEM	DMS
	80	95	110	125				
Testigo	1.0 Aa	0.5 Ab	0.5 Ab	0.6 Ab	0.6 A	<.0001	0.06	0.1
Leonardita	1.0 Aa	0.5 Ab	0.6 Ab	0.6 Ab	0.7 A	0.0078	0.12	0.2
\bar{x}	1.0 a	0.5 b	0.6 b	0.6 b	0.7	<.0001	0.05	0.1
Pr > F	0.8	0.77	0.19	0.9	0.72			
EEM	0.2	0.09	0.06	0.1	0.08			
DMS	0.4	0.20	0.15	0.3	0.19			

Diferente literal minúscula, en cada hilera, indican diferencia ($P < 0.05$); Diferente literal mayúscula, en cada columna, indican diferencia ($P < 0.05$); EEM= error estándar de la media; DMS = Diferencia Mínima Significativa.