

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO

FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO



**“EVALUACIÓN DE FUENTES DE NUTRIENTES EN LA ACUMULACIÓN DE
MATERIA SECA Y CALIDAD DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO”**

TESIS DE MAESTRÍA

MERCEDES SARMIENTO MEDINA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
ACADÉMICO DE: MAESTRO EN CIENCIAS EN AGRICULTURA ORGÁNICA**

SUSTENTABLE

VENECIA, DURANGO

DICIEMBRE 2020

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

DICIEMBRE 2020

La tesis "EVALUACIÓN DE FUENTES DE NUTRIENTES EN LA ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA Y CALIDAD DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO" Presentada por **MERCEDES SARMIENTO MEDINA** como requisito parcial para obtener el grado académico de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN AGRICULTURA ORGÁNICA SUSTENTABLE** ha sido aprobada por el Comité Particular Asesor de Tesis.

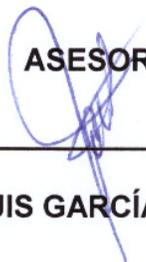
COMITÉ PARTICULAR ASESOR DE TESIS

ASESOR PRINCIPAL



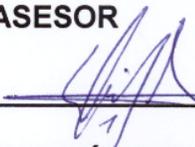
DR. MIGUEL ÁNGEL GALLEGOS ROBLES

ASESOR



DR. JOSÉ LUIS GARCÍA HERNÁNDEZ

ASESOR



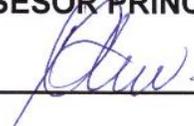
DR. URIEL GONZÁLEZ SALAS

UNIVERSIDAD JUÁREZ DEL ESTADO DE DURANGO
FACULTAD DE AGRICULTURA Y ZOOTECNIA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
VENECIA, DURANGO

La tesis “EVALUACIÓN DE FUENTES DE NUTRIENTES EN LA ACUMULACIÓN DE MATERIA SECA Y CALIDAD DE DOS HÍBRIDOS DE MAÍZ FORRAJERO” Presentada por **MERCEDES SARMIENTO MEDINA** como requisito parcial para obtener el grado académico de: **MAESTRO EN CIENCIAS EN AGRICULTURA ORGÁNICA SUSTENTABLE** ha sido aprobada por el Comité Particular Revisor de Tesis.

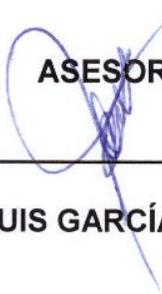
COMITÉ PARTICULAR REVISOR DE TESIS

ASESOR PRINCIPAL



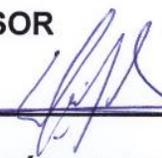
DR. MIGUEL ÁNGEL GALLEGOS ROBLES

ASESOR



DR. JOSÉ LUIS GARCÍA HERNÁNDEZ

ASESOR



DR. URIEL GONZÁLEZ SALAS

DEDICATORIA

A mis padres por su apoyo, por motivarme a no dejar a medias este trabajo y culminarlo.

A mis hijos por ser esa motivación más fuerte para seguir adelante y no rendirme.

A mi pareja por estar ahí cuando más lo necesite, por su apoyo laboral y moral, por sus palabras de aliento y darme fuerza a continuar con este proyecto.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por todo lo que me ha dado en la vida

A mi director, el Dr. Miguel Ángel Gallegos Robles por estar ahí y atender a mi llamado cuando necesite apoyo, en revisiones, en trabajo de campo muchas gracias.

Al Dr. Uriel Gonzales Salas, ya que fue gran apoyo para mí en todo lo que necesité, en las trabas que pude tener él siempre estuvo ahí para sacarme de ese apuro muchas gracias, por transmitirme de sus conocimiento de la mejor manera para poder entender bien lo que estaba haciendo.

A la Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango por la oportunidad que me brindó para poder crecer personal, académica y profesionalmente.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo de la beca que me proporcionó para poder concluir mis estudios de maestría.

A los profesores e investigadores que participaron en mi formación y conclusión de este documento de tesis.

¡A todos muchas gracias!

ÍNDICE

	Página
Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Índice	iii
Índice de figuras.....	vi
Índice de cuadros.....	vii
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general.....	3
Objetivo específico.....	3
Hipótesis.....	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Importancia del cultivo de maíz en los sistemas pecuarios.....	4
Calidad Nutricional del Maíz	5
Aprovechamiento de los residuos orgánicos de otros sistemas de producción pecuaria.....	5
Potencial de los abonos orgánicos para los sistemas agrícolas.....	6
Importancia de los nutrientes del suelo.....	6
Macros y micronutrientes.....	8
Abonos orgánicos.....	8
Estiércol bovino.....	9

Ventajas de la aplicación del estiércol.....	11
Desventajas de la aplicación del estiércol.....	12
Nutrientes disponibles en el estiércol.....	13
Mineralización del estiércol.....	13
Ciclo del nitrógeno.....	14
MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
Preparación del área de trabajo.....	16
Incorporación de tratamientos.....	16
Siembra.....	17
Riegos.....	17
Labores culturales.....	17
Control de plagas y enfermedades.....	17
Cosecha.....	17
Variables evaluadas.....	18
Análisis de calidad del forraje.....	18
Diseño experimental.....	18
Croquis de campo.....	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	21
Análisis de varianza.....	21
Comparación de medias para dosis de fertilizantes.....	23
Altura de planta.....	23
Altura de la primera mazorca.....	23
Diámetro de tallo.....	23

Número de hojas.....	24
Número de granos por hilera.....	24
Hileras por mazorca.....	24
Longitud de mazorca.....	25
Rendimiento de materia seca.....	26
Proteína.....	27
Fibra detergente neutro.....	27
Fibra detergente ácida.....	27
Comparación de medias para híbridos.....	28
Digestibilidad In Vitro de la materia seca.....	29
CONCLUSIONES.....	31
LITERATURA CITADA.....	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Distribución en campo de las dosis e híbridos.....	19
2	Respuesta en las interacciones entre dosis de fertilizantes e híbridos. D1= 180-90-00; D2= 180 UN; D3= 200 UN; D4= 160 UN; D5= 140 UN; H1=Galáctico; H2=AG-614.....	29

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	ANOVA. Cuadrados medios y significancia de variables evaluadas.....	21
1	ANOVA. Cuadrados medios y significancia de variables evaluadas. Continuación.....	21
2	Comparación de medias para dosis de fertilizante.....	24
2	Comparación de medias para dosis de fertilizante. Continuación.....	25
3	Comparación de medias para híbridos.	27
3	Comparación de medias para híbridos. Continuación.....	27

RESUMEN

A nivel nacional el maíz forrajero, es uno de los cultivos con mayor importancia ya que ocupa la mayor parte del área cultivable en las zonas de riego y de temporal, y mediante el uso de abonos orgánicos se puede aumentar y mantener los niveles de producción forrajera porque además de ser una fuente de nitrógeno, fósforo y azufre, tienen influencia sobre algunas propiedades físico, químicas y biológicas del suelo. En este trabajo se evaluó el efecto de dosis de estiércol en la calidad y acumulación de materia seca en dos híbridos de maíz forrajero bajo cinco dosis de fertilización. Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x5. El factor A fueron los híbridos (H1=Galáctico; H2= AG-614) y el factor B las dosis de fertilización (Químico D1=180-90-00 kg ha⁻¹, D2=180, D3=200, D4=160 y D5=140 UN ha⁻¹ a base de estiércol). La comparación de medias se hizo con DMS al 0.05. Los resultados indican que el estiércol bovino demostró tener el potencial de aportar nutrientes igual o mejor que el fertilizante químico y con ello obtener forraje de maíz de calidad y rendimiento de materia seca similar al fertilizante químico. En diez de las 11 variables evaluadas la mejor respuesta se observó en una dosis a base de estiércol bovino. El mejor efecto se observó en la D2 180 UN pues sobresalió en cinco de las 11 variables evaluadas.

ABSTRACT

At the national level, fodder maize is one of the most important crops since it occupies most of the cultivable area in irrigated and rainfed areas, and with organic fertilizers it is possible to increase and maintain forage production levels. because in addition to being a source of nitrogen, phosphorus, and sulfur, they influence some physical, chemical, and biological properties of the soil. In this work, the effect of manure doses on quality and dry matter accumulation in two forage maize hybrids under five fertilization doses was evaluated. A randomized block design with a 2x5 factorial arrangement was used. Factor A were the hybrids (H1=Galactic; H2= AG-614) and factor B the fertilization doses (Chemical D1=180-90-00 kg ha⁻¹, D2=180, D3=200, D4=160 and D5=140 UN ha⁻¹ based on manure). The comparison of means was made with DMS at 0.05. The results indicate that bovine manure showed the potential to provide nutrients equal to or better than chemical fertilizer and thereby obtain quality corn forage and dry matter yield like chemical fertilizer. In ten of the 11 variables evaluated, the best response was observed in a dose based on bovine manure. The best effect was observed in the D2 180 UN as it stood out in five of the 11 variables evaluated.

INTRODUCCIÓN

A nivel nacional el maíz forrajero, es uno de los cultivos con mayor importancia ya que ocupa la mayor parte del área cultivable en las zonas de riego y de temporal, con una superficie sembrada en el 2020 de 608,711.93 hectáreas y una producción de 16,768,431.40 toneladas (SIAP, 2020).

El amplio uso del maíz en la formulación de dietas para animales está incrementando, considerando que, proporciona la más alta tasa de conversión a carne, leche y huevos comparado con otros granos que se usan con el mismo propósito (Mera y Caballero, 2013).

El inventario de ganado lechero en la Comarca lagunera es del alrededor de 506,217 cabezas de ganado (SADER-SIAP, 2020), lo cual en consecuencia demanda una gran cantidad de forraje como alimento.

La agricultura convencional se enfrenta a la reducción de la producción o el aumento de los costos, o ambos. Una cantidad cada vez mayor de fertilizantes y pesticidas, así como los requerimientos energéticos para la siembra y el aumento de los costos de riego son de suma preocupación. Si bien los métodos convencionales permitieron grandes aumentos en los rendimientos de los cultivos, los altos beneficios sólo inicialmente, no siendo considerados como el enfoque ideal para el futuro (Rocheli de Souza *et al.*, 2015).

El uso de abonos orgánicos puede aumentar y mantener los niveles de producción forrajera porque, además de ser una fuente de nitrógeno, fósforo y azufre, estos

tienen influencia sobre algunas propiedades del suelo como la estructura, porosidad, retención de agua, población de microorganismos y fijación de fósforo. Al mismo tiempo, disminuye notablemente los costos de producción puesto que gran parte de los insumos internos de los sistemas de producción se aprovecha para su elaboración, creando sinergias funcionales capaces de mejorar el contexto productivo (López *et al.*, 2015).

La diferencia importante entre el estiércol y el fertilizante químico es que el estiércol puede tener un efecto benéfico en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Figueroa y Cueto, 2003).

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar el efecto de las dosis de estiércol en la calidad y acumulación de materia seca en dos híbridos de maíz forrajero (Galáctico y AG-6014) bajo riego por gravedad.

OBJETIVO ESPECÍFICO:

- Determinar la mejor dosis de estiércol bajo riego por gravedad en la producción, calidad y acumulación de materia seca en los híbridos de maíz forrajero.

HIPÓTESIS:

Ho: La producción, calidad y acumulación de materia seca del maíz forrajero de los tratamientos con dosis más alta de estiércol será igual en comparación con el tratamiento químico.

Ha: La producción, calidad y acumulación de materia seca del maíz forrajero de los tratamientos con dosis más alta de estiércol será diferente en comparación con el tratamiento químico.

REVISIÓN DE LITERATURA

Importancia del cultivo de maíz en los sistemas pecuarios

De las especies de forrajes del grupo de las gramíneas utilizadas en los sistemas de explotación pecuaria en región, el más utilizado es el maíz, por su destacado aporte de energía en las dietas de los animales. El maíz como planta se usa entre el 70-80 % de la producción mundial, es utilizado como ingrediente en alimento de ganado (Yapura, 2021). Debido a lo anterior el uso del maíz es indispensable para mantener los sistemas de producción pecuaria rentables. Al alimentar ganado se usa mucha variedad de cereales en diferentes formas: grano entero, grano molido y plantas enteras (forraje en verde o en ensilaje).

El silaje de maíz es uno de los forrajes conservados más importantes en los sistemas de producción modernos. En la alimentación de rumiantes, el silo de maíz, con un contenido entre el 30 % al 50 % de granos, se considera un suplemento energético de la ración o como complemento de la dieta. Los ensilados de maíz se utilizan cada día más por las siguientes ventajas:

- Altos rendimiento/ha de alimento de alta energía.
- Alimento palatable y consistente.
- Inmediato almacenaje,
- Rápida cosecha.
- Bajo costo.
- Mínimo porcentaje de pérdidas, siempre y cuando se trabaje en forma correcta. (Yapura, 2021)

Calidad Nutricional del Maíz

El valor nutritivo de un forraje es una expresión del potencial del animal para producir, el cual está integrado por el consumo de alimento, eficiencia energética y digestibilidad. La digestibilidad se considera la medida más cercana a la determinación del valor nutritivo (Van Soest, 1994). La digestibilidad es una medición de uso común para conocer la utilización de los nutrientes, alimentos o dietas, permite conocer el grado de aprovechamiento de un alimento por el animal. El valor usualmente utilizado es el coeficiente de digestibilidad aparente expresado como % de la MS (Castellanos *et al.*, 1990). La digestibilidad de la materia se relaciona positivamente con el porcentaje de mazorca (forma sencilla de expresar el contenido de grano), y negativamente con las concentraciones de fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y lignina (Herrera, 1999). En estudios realizados en La Comarca Lagunera se han encontrado valores de digestibilidad en forraje de maíz de 63 a 72 % (Núñez *et al.*, 2004).

Aprovechamiento de los residuos orgánicos de otros sistemas de producción pecuaria

Los nutrientes removidos por la extracción animal en las praderas, o por las pérdidas ocasionadas por el lavado y la erosión deben retornarse al suelo, de tal manera que en la sostenibilidad de una pradera y la capacidad de producción de pastura el mantenimiento o mejoramiento de las características físicas y químicas del suelo es componente más importante (Giraldo, 1993; Sánchez y Ara, 1991).

Potencial de los abonos orgánicos para los sistemas agrícolas

De acuerdo a Quiroga-Garza (2011) la aplicación de materia orgánica aporta nutrientes y funciona como base para la formación de múltiples compuestos en el suelo, los cuales son asimilados de mejor manera por las plantas para su crecimiento y reproducción.

Actualmente, los biofertilizantes son una alternativa viable para el mantenimiento de las pasturas; presentan ventajas como el aumento de la fertilidad y biodiversidad del suelo, dando un manejo holístico de la producción que promueve y mejora la salud del ecosistema, y minimizando la utilización de insumos externos en la unidad productiva (Altieri & Nicholls, 2017). Por su parte, los Biofertilizantes de aplicación foliar ayudan al mantenimiento del cultivo aportando nutrientes esenciales para el metabolismo, gracias a la rápida asimilación por parte de la planta, lo que permite combatir de manera efectiva las deficiencias nutricionales que pueda presentar el cultivo (Restrepo *et al.*, 2017).

Importancia de los nutrientes del suelo

El éxito del hombre para proveerse de alimento, materias primas y energía siempre ha dependido en un alto grado de la existencia de las plantas, esto es así por su capacidad de fijar la energía luminosa y convertirla en energía química. Un aspecto importante de la producción vegetal es que la alta productividad y calidad de los cultivos puede solamente lograrse en plantas que están alimentadas adecuadamente (Mengel y Kirkby, 2000).

La productividad de un cultivo depende de la capacidad de la cubierta vegetal para interceptar la radiación incidente, que es función del área foliar disponible, la arquitectura de la cubierta vegetal y la eficiencia de conversión de la energía captada por la planta en biomasa. La mayoría de las estrategias de producción están dirigidas a maximizar la interceptación de la radiación solar. En el caso de los cultivos, esto implica adaptar las prácticas agrícolas de tal manera que se obtenga una cobertura completa del dosel lo antes posible. Las deficiencias en los aportes de agua y nutrientes pueden reducir la tasa de crecimiento de las hojas, reduciendo el rendimiento por debajo de los niveles óptimos debido a la captura insuficiente de energía (Campillo *et al.*, 2012).

El agua, el dióxido de carbono el cual es obtenido del aire, la energía solar y los nutrientes que son extraídos del suelo y del agua a través de las raíces o las hojas son la base para que las plantas elaboren su biomasa.

Un nutriente es considerado esencial en las plantas, cuando es necesario para que la planta complete su ciclo de vida, es indispensable para que las funciones metabólicas se realicen de manera óptima, para la construcción de moléculas orgánicas importantes como proteínas, enzimas, ácidos nucleicos, etc., para la activación de reacciones enzimáticas, como transportadores u osmo-reguladores, y para evitar que la planta presente síntomas de deficiencias que puedan reducir el crecimiento o provocar la muerte de la planta (Gutiérrez, 1997; Piaggese, 2004).

Macros y micronutrientes

Los Macronutrientes: deben estar presentes en el suelo en mayores cantidades para ser aprovechado por los cultivos, su presencia es indispensable para el crecimiento y fructificación de las plantas. Los principales Macronutrientes son: • Nitrógeno (N) • Fósforo (P) • Potasio (K) • Magnesio (Mg). Los Micronutrientes: son requeridos por las plantas en pequeñas cantidades, pero al igual que los Macronutrientes son indispensables, pues su deficiencia ocasiona en la mayoría de los casos desórdenes fisiológicos en las plantas. Los principales Micronutrientes son: • Hierro (Fe) • Manganeseo (Mn) • Zinc (Zn) • Boro (B) • Cobre (Cu) • Molibdeno (Mo) • Cloro (Cl) • Azufre (S) (FAO, 2013).

Abonos orgánicos

Un abono en general se considera aquel material que se aplica al suelo y estimula el crecimiento de las plantas de manera indirecta, a través de mejorar las propiedades físicas del suelo. Por otro lado, un material se considera como fertilizante cuando estimula el crecimiento de manera directa a través de aportar nutrimentos indispensables para las plantas. En el contexto anterior, los abonos provenientes de residuos orgánicos, como los estiércoles de diferentes especies de animales, los biosólidos, los residuos de cosecha y las compostas pueden considerarse como abonos y también como fertilizantes orgánicos (Figueroa y Cueto, 2003).

Tomando en cuenta que la comarca lagunera es la cuenca lechera más importante de México, con un inventario ganadero de 604,945 cabezas de ganado bovino, con

el 41.1 % en producción (SAGARPA, 2012), generando alrededor de 1.2 millones de kilogramos de estiércol base seca por día (Vázquez *et al*, 2008).

El estiércol bovino lechero como otros abonos orgánicos, tiene que ser tratado y dosificado adecuadamente para evitar posible contaminación, por lo que debería ser tratado con procesos como la solarización y el composteo (Salazar *et al.*, 2003).

Estiércol bovino

El efecto benéfico de utilizar estiércoles en la agricultura se ha conocido por siglos hasta fines del siglo XIX, la agricultura dependió principalmente de los estiércoles para obtener buenas cosechas. Sin embargo, esto cambio rápidamente con la producción de fertilizantes químicos; con fuentes naturales de gas baratas y abundantes para la síntesis de amoníaco, los fertilizantes comerciales llegaron a ser tan accesibles y económicos que los estiércoles fueron desplazados. La tendencia a una mayor intensificación y una productividad más alta, durante los últimos años, ha sido acompañada por un aumento significativo del empleo de fertilizantes, especialmente nitrógeno inorgánico (Fortis *et al.*, 2009).

Anualmente se utilizan en el mundo más de 190 millones de toneladas de fertilizantes entre nitrogenados, fosfóricos y potásicos a fin de obtener cultivos de altos rendimientos (Murillo *et al.*, 2010).

En la actualidad las propiedades físicas, biológicas y químicas del suelo han sido deterioradas por el uso excesivo de fertilizantes químicos y la poca utilización de abonos orgánicos (Salazar *et al.*, 2002); el estiércol, los residuos de cosecha, los microorganismos y animales en descomposición son fuentes importantes de

nitrógeno que regresan al suelo, sin embargo, deben de pasar por un proceso de mineralización y de esta manera pueda estar disponible para las plantas y los microorganismos del suelo (Salazar *et al.*, 2003). Los microorganismos presentes en el suelo son los responsables de la descomposición de la materia orgánica, siendo los compuestos orgánicos resultantes de dicho proceso la fuente de alimento de los microorganismos (Salazar, 1998).

Actualmente es común entre los agricultores aplicar más de 100 toneladas de estiércol por hectárea por año, ocasionando problemas serios de salinidad y sodicidad, por lo que monitorear el suelo antes de la aplicación del estiércol es una práctica útil y necesaria para decidir el cuanto aplicar de estiércol por año (Salazar *et al.*, 2003).

La mayor dificultad para su empleo radica en la variabilidad de los materiales que se utilizan en su preparación, de lo cual dependen los microorganismos que intervienen en el proceso de descomposición y que determinan la efectividad en el control (Braga, 2003).

Este tiene que ser tratado y dosificado adecuadamente para evitar posible contaminación del suelo y el agua del acuífero subterráneo, lo cual requiere de un manejo adecuado para prevenir efectos adversos al ambiente. Un manejo sustentable del estiércol debe incluir los siguientes objetivos: 1) reciclar nutrientes aprovechables por los cultivos, 2) aumentar la materia orgánica del suelo, 3) minimizar los riesgos de contaminación al acuífero y 4) minimizar riesgos de

contaminación o toxicidad (química o microbiológica) en el ganado y en cultivos de consumo humano (SAGARPA, 2006).

Ventajas de la aplicación del estiércol

El estiércol puede mejorar el desarrollo de los cultivos a través de dos efectos:

- 1) de manera directa como fuente de nutrimentos disponibles.
- 2) de manera indirecta a través de mejorar las propiedades del suelo.

El estiércol modifica diferentes propiedades del suelo al ser aplicados, tales como:

Físicas. Densidad aparente, porosidad total, la conductividad hidráulica, la retención de humedad del suelo.

Químicas. La materia orgánica, modificaciones del pH, conductividad eléctrica.

Biológicas. Modifica el número de microbios y su actividad (Salazar *et al.*, 2003).

Otra parte importante es precisamente el contenido de materia orgánica. Los principales beneficios de la materia orgánica. Los principales beneficios de la materia orgánica en el suelo son:

- Incrementa la actividad biológica. Aporta nutrientes, energía y hábitat para los microorganismos del suelo.
- Actúa como reserva de nutrimentos. Durante la descomposición de la materia orgánica se liberan macro y micronutrientes.

- Retiene nutrientes en forma disponible. Aporta cargas negativas a la CIC del suelo, donde puede retener nutrientes y metales pesados que de otra manera se lixiviarían.
- Favorece la estructura del suelo. Actúa como agente cementante de las partículas del suelo, formando agregados estables durante periodos de humedecimiento y secado.
- Incrementa la porosidad. La formación de agregados mejora la porosidad del suelo, aumentando la retención de agua en los suelos arenosos y la permeabilidad en los suelos arcillosos (Figueroa y Cueto, 2003).

Desventajas de la aplicación del estiércol

El nitrógeno es un nutriente particularmente importante dado que generalmente es el factor limitante para el crecimiento de la planta. No obstante, el uso excesivo está vinculado con la calidad del medio ambiente, dado que, en forma de nitratos ($\text{NO}_3\text{-N}$) es fácilmente removido a las aguas superficiales del subsuelo (Habteselassie *et al.*, 2006).

Aun cuando el nitrógeno es esencial para el crecimiento de la planta, elevados niveles del mismo en forma de NO_3^- , puede causar serios problemas de contaminación ambiental. Lo indeseable de las grandes concentraciones de $\text{NO}_3\text{-N}$ en suelo, son los riesgos para la salud humana y de los animales además de la eutrofización de las corrientes de agua (Larios, 2009).

El uso directo del estiércol se ha ido limitando por algunas de las normativas de las agencias certificadoras orgánicas (IFOAM, 2006), debido a que no garantiza la inocuidad de los cultivos y de la salud humana. Un método que ha sido utilizado con éxito es el calentamiento del suelo o del estiércol a través de una cubierta plástica que tiene la capacidad de captar la radiación solar e incrementar considerablemente la temperatura, este método es conocido mundialmente como la solarización (Katan, 1980).

Nutrientes disponibles en el estiércol

El contenido de nutrientes en estiércol es muy variable y comprende de la composición de las dietas y del manejo de los residuos en las unidades de producción. En el caso del nitrógeno, el mayor contenido se observa en estiércoles frescos y conforme transcurre el tiempo de almacenamiento, el nitrógeno se va perdiendo durante la descomposición de los residuos. Caso contrario ocurre con los micronutrientes, los cuales se concentran conforme los estiércoles pierden humedad. Nitrógeno 1.42 %, Fosforo 0.51 %, Potasio 3.41 %, Calcio 3.68 %, Magnesio 0.71 %, Sodio 0.51 %, Sales Solubles 5.0 %, Relación C/N 15.0 % Humedad 35 %, ceniza 48 % (Chávez *et al.*, 2003).

Mineralización del estiércol

La tasa de mineralización de N del estiércol depende de la concentración de nitrógeno inicial y este a su vez depende de que tan “viejo” sea el estiércol antes de incorporarlo al suelo. Estudios realizados en el campo experimental INFAP de la laguna en 2004, indican que la concentración de nitrógeno en el estiércol bovino de

la región puede variar de 1.0 a 2.5 %, con un promedio de 1.4 %. Es decir, el estiércol aporta un total de 14.0 kg de nitrógeno por tonelada. Sin embargo, de esa aportación total sólo un 25 % pasa a formas asimilables por el cultivo durante el ciclo en que se incorpora al suelo. Los valores anteriores, 1.4 % de nitrógeno total y 25 % de mineralización, son datos promedio y pueden servir como referencia. Sin embargo, es importante realizar análisis de estiércol para conocer la aportación real de nutrimentos (Figueroa *et al.*, 2004).

Ciclo del nitrógeno

El nitrógeno es el nutriente mineral más demandado por las plantas de los cuatro más comunes en la composición de la tierra. El nitrógeno es uno de los susceptibles a las transformaciones microbianas. Este elemento es la unidad estructural clave de la molécula de la proteína en la cual se basa toda la vida y por consiguiente es un componente indispensable del protoplasma de plantas, animales y microorganismos (Salazar *et al.*, 2003).

El nitrógeno sufre un número de transformaciones que involucran a compuestos orgánicos, inorgánicos y volátiles. Estas transformaciones ocurren simultáneamente, pero a menudo los pasos individuales efectúan objetivos opuestos. Las reacciones pueden verse en términos de un ciclo el cual es manejado a discreción por la microflora (Salazar *et al.*, 2003).

La conversión de nitrógeno orgánico al estado inorgánico se conoce como mineralización del nitrógeno. En la mineralización se producen amonio y nitrato y desaparece el nitrógeno inorgánico distinto. Estos productos lo delimitan dos

procesos microbiológicos distintos, amonificación, en donde el amonio se forma a partir de compuestos orgánicos; y nitrificación, término que se utiliza para referirse a la oxidación del amonio a nitritos y posteriormente a nitratos (Salazar *et al.*, 2003).

En condiciones naturales, la degradación de las proteínas y otras sustancias nitrogenadas es el resultado del metabolismo de una multitud de sepas microbianas, cada una de las cuales tiene una función en la ruta metabólica de la degradación.

Una diversidad de microorganismos libera amonio de los compuestos nitrogenados orgánicos. Casi todas las bacterias, hongos y actinomicetos participan en la descomposición y los compuestos aquí utilizados varían con las especies y los géneros (Salazar *et al.*, 2003).

MATERIALES Y MÉTODOS

La Comarca Lagunera está entre la longitud 101° 41' y 104° 61' O, y latitud 24° 59' y 26° 53' N; tiene una superficie de 47 887 km² con una altitud media de 1100 m, con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localiza el área agrícola. Su clima es seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco, la precipitación pluvial media anual es 258 mm y la evaporación media anual es 2000 mm, por lo cual la relación precipitación- evaporación es 1:10; la temperatura media anual es 21 °C con máxima de 33.7 °C y mínima 7.5 °C. El periodo de temperaturas bajas o heladas se presentan de noviembre a marzo, aunque en algunas ocasiones se presentan tempranamente en octubre y tardíamente en abril (García, 2004).

La Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango (UJED), se localiza en el Km 32 de la Carretera Gómez Palacio-Tlahualilo en el Ejido Venecia, Municipio de Gómez Palacio, Durango, en el paralelo 25°46'50" de latitud norte y en el meridiano 103°21'02" de longitud oeste y a una altitud de 1,110 msnm.

Preparación del área de trabajo

Se realizó la preparación del terreno con rastreo doble, rodillo, surcado, seguido del trazo de las parcelas experimentales.

Incorporación de tratamientos

El 5 de abril se aplicó estiércol, con dosis de 200, 180,160 y 140 unidades de nitrógeno ha⁻¹.

Siembra

El 26 de abril de 2019 se sembraron dos híbridos de maíz de manera manual a una profundidad de 5 cm, una distancia de 15 cm entre planta y 75 cm entre surcos. Se aplicó también fertilización química en la parcela testigo al momento de la siembra, con una dosis por hectárea de 180-90-00 respectivamente para N, P y K a base de fertilizante MAP y Nitroperfecto ajustando la dosis. Al momento de la siembra se aplicó la mitad del nitrógeno y el total del fosforo, y antes del primer riego de auxilio se aplicó el resto del nitrógeno.

Riegos

Se utilizó riego rodado, aplicando un riego de presiembra el 17 de abril y tres más de auxilio a los 30, 50 y 70 días después de la siembra para una lámina de riego de 60 cm (INIFAP, 2014).

Labores culturales

Se realizaron de forma manual aclareos, al igual que deshierbes para el control de maleza y prevenir el establecimiento de plagas.

Control de plagas y enfermedades

Se estuvo monitoreando el cultivo de manera constante para mantener vigilancia y detectar oportunamente la presencia de plagas importantes, se procedió de acuerdo con las recomendaciones de Reta Sánchez (2017).

Cosecha

Se realizó cuando el maíz se encontraba a 1/3 de línea de leche (Reta Sánchez, 2017).

VARIABLES EVALUADAS

- Peso.
- Altura de planta.
- Altura a primera mazorca.
- Diámetro ecuatorial y polar.
- Numero de hojas
- Numero de granos por mazorca
- Numero de hileras por mazorca.
- Longitud de la mazorca.

ANÁLISIS DE CALIDAD DEL FORRAJE

Para el análisis de calidad del forraje, se cortaron 1.6 m de forraje verde, se pesaron y posteriormente se secaron para proceder al análisis del forraje seco. En este se evaluaron aspectos como:

- Proteína cruda (Kjendal).
- Fibra detergente neutro (Van Soest, 1994)
- Fibra detergente acida (Van Soest, 1994).
- Rendimiento de Materia seca (Jones *et al.*, 2004).
- Digestibilidad In Vitro de materia seca (Goering y Van-Soest, 1970).

DISEÑO EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques al azar con arreglo factorial 2x5. El factor A fueron los híbridos (H1=Galáctico; H2= AG-614) y el factor B las dosis de fertilización (Químico D1=180-90-00 kg ha⁻¹, D2=180, D3=200, D4=160 y D5=140 UN ha⁻¹ a

base de estiércol). La comparación de medias se hizo con DMS al 0.05. Los datos se analizaron con el paquete estadístico SAS V9.

CROQUIS DE CAMPO

I	II	III
H1 T3	H1 T5	H1 T1
H2 T5	H2 T4	H2 T2
H1 T2	H2 T2	H2 T1
H1 T1	H1 T4	H1 T3
H2 T3	H2 T5	H1 T2
H1 T4	H2 T1	H2 T4
H2 T4	H2 T3	H1 T5
H2 T2	H1 T2	H2 T3
H2 T1	H1 T1	H2 T5
H1 T5	H1 T3	H1 T4

Figura 1. Distribución en campo de las dosis e híbridos

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de varianza

Respecto a la existencia de diferencias entre dosis de fertilizante, el análisis de varianza (Cuadro 1) señala la existencia de diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) en AP y APM, y diferencias significativas ($p < 0.05$) en DT, NH, NGH, HM, REND y PROT. En las demás variables la diferencia que existió no fue estadísticamente significativa.

En la fuente de variación híbridos, se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$) únicamente en HM, el resto de las variables no fueron diferentes estadísticamente.

Para la interacción dosis x híbrido, se observaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.01$) en las variables AP, APM, DT, NGH, HM y LM. En el resto de las variables no hubo diferencias estadísticamente significativas.

En trabajos donde se evalúan fertilizantes orgánicos como fuente de nutrientes comparándolos contra un testigo químico, buscando reemplazar a los fertilizantes químicos, la existencia de diferencias significativas genera buenas expectativas en el sentido de que al menos uno de los tratamientos orgánicos sea mejor que el tratamiento químico, no obstante, la no existencia de diferencias significativas también genera buenas expectativas ya que significa que los tratamientos orgánicos son iguales estadísticamente al tratamiento químico en el efecto sobre las variables evaluadas. Fortis *et al.* (2009) encontraron diferencias significativas entre abonos orgánicos contra el testigo químico al evaluar el rendimiento de forraje en maíz.

Cuadro 1. ANOVA. Cuadrados medios y significancia de variables evaluadas.

FV	AP	APM	DT	NH	NGH	HM
Rep	0.215	0.162	0.031	3.546	29.54	8.52
Dosis	0.229**	0.121**	0.255*	1.956*	42.81*	8.87*
Híbrido	0.0009	0.011	0.006	0.666	8.64	16.66*
Dosis*híb	0.524**	0.313**	0.356*	2.050	70.75*	30.73**
Error	0.065	0.032	0.116	1.07	22.03	3.92
C.V.	11.58	16.7	13.3	7.9	11.6	12.1

AP= altura de planta; APM= altura de primera mazorca; DT= diámetro de tallo; NH= número de hojas; NGH= número de granos por hilera; HM= hileras por mazorca.

Cuadro 1. ANOVA. Cuadrados medios y significancia de variables evaluadas.

Continuación.

FV	LM	REND	PROT	FDN	FDA
Rep	0.06	9.71	0.554	203.04	3.643
Dosis	6.35	6.84*	12.056*	126.54	4.623
Híbrido	2.94	0.42	1.344	0.476	4.462
Dosis*híb	28.92**	1.02	0.563	165.46	6.355
Error	5.32	2.39	3,706	229.32	5.76
C.V.	10.6	15.81	18.7	38.4	11.4

LM= longitud de mazorca; REND= rendimiento; PROT= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido.

Comparación de medias para dosis de fertilizantes

Altura de planta

En la comparación de medias (Cuadro 2) se observa que, en AP, la D1 (química 180-90-00) fue estadísticamente igual a la D4 y D5 respectivamente 160 y 140 UN base a estiércol bovino. El valor máximo de AP observado en este trabajo fue de 2.28 m en la D5 (140 UN) y el mínimo de 2.06 m en la D3 (200 UN), valor que superó el 1.86 m encontrado por Fortis *et al.* (2009) en maíz con abonos orgánicos. La altura de la planta es un indicador de la velocidad de crecimiento, está determinada por la elongación del tallo y a su vez por la división celular al acumular en su interior los nutrientes producidos durante la fotosíntesis, los que a su vez son transferidos a la mazorca durante el llenado del grano (Somarriba, 1997).

Altura de la primera mazorca

Los mejores valores se observaron en dos de los tratamientos a base de estiércol, D2 y D3 respectivamente 180 y 200 UN los cuales superaron a la dosis D1 (química). Esta variable como indicador del desarrollo de la planta señala un efecto favorable de la fertilización orgánica.

Diámetro de tallo

El mejor valor de DT se observó en la D2 180 UN con un valor de 2.69 cm superando en 8.5 % el diámetro observado en tratamiento químico. El diámetro del tallo es una variable importante en términos de aportar resistencia contra el acame en lugares donde fuertes vientos suelen presentarse. Los valores encontrados en este trabajo superaron los valores reportados por Pavón y Zapata (2012) en maíz fertilizado con

Bokashi, purín de lombriz y biofermento, quienes encontraron un valor máximo de DT de 1.772 cm con la combinación de Bokashi + purín de lombrices.

Número de hojas

El número de hojas es una variable siempre estudiada en el cultivo de maíz, cuya importancia radica en que en las hojas se lleva a cabo la fotosíntesis de la cual dependerá el rendimiento de forraje o grano del cultivo (Lafitte, 2001). El mejor valor observado fue en la D5 140 UN base de estiércol con un valor promedio de 13.43 hojas, la cual fue estadísticamente diferente a las demás dosis incluyendo a la dosis química. Los resultados concuerdan con los de Cantarero y Martínez (2002) en maíz fertilizado con gallinaza, estiércol bovino y fertilizante químico, quienes encontraron valor promedio de 13.15 hojas por planta.

Número de granos por hilera

Esta variable depende entre otras causas del número de óvulos fecundados por hilera y posteriormente de factores ambientales como la nutrición mineral y la disponibilidad de agua (Blandon y Smith, 2001). La importancia de esta variable radica en que el grano es la fuente de energía por el contenido de almidón que posee y en la alimentación animal es importante como fuente de energía para diferentes propósitos metabólicos (Guevara *et al.*, 2016). Los mejores valores se observaron en D2 y D4 respectivamente 180 y 160 UN en base a estiércol.

Hileras por mazorca

El número de hileras por mazorca es una variable determinada por factores genéticos, así como factores nutricionales aportados por el suelo, y de ello depende

el tamaño relativo de la mazorca y en consecuencia el número de líneas (Pastora, 1996). En esta variable el mejor valor se observó en D3 200 UN base estiércol con valor promedio de 16.9 hileras, aunque estadísticamente fue similar a D4 y D5 respectivamente 160 y 140 UN. El valor más bajo, 15.5 hileras, se observó en D1 con fertilizante químico. Los valores observados en este trabajo superaron a los encontrados por Pavón y Zapata (2012) en maíz fertilizado con Bokashi, purín de lombriz y biofermento, quienes encontraron un valor máximo de 13.28 filas por mazorca en el tratamiento Bokashi + Purín de Lombrices.

Cuadro 2. Comparación de medias para dosis de fertilizante.

Dosis	AP m	APM m	DT cm	NH	NGH	HM
D1= 180-90-00	2.24 A	1.22 B	2.48 B	13.13 B	39.60 B	15.50 B
D2= 180 UN	2.16 B	1.41 A	2.69 A	13.16 B	41.70 A	16.23 B
D3= 200 UN	2.06 B	1.32 A	2.46 B	12.73 B	40.13 B	16.90 A
D4= 160 UN	2.24 A	1.25 B	2.59 B	13.00 B	41.60 A	16.66 A
D5= 140 UN	2.28 A	1.21 B	2.52 B	13.43 A	39.03 B	16.56 A
DMS	0.130	0.09	0.17	0.52	2.39	1.01

AP= altura de planta; APM= altura de primera mazorca; DT= diámetro de tallo; NH= número de hojas; NGH= número de granos por hilera; HM= hileras por mazorca. Letras iguales dentro columnas significa no diferencias significativas, DMS ($p < 0.05$).

Longitud de mazorca

En esta variable no se observaron diferencias significativas entre las dosis, lo cual señala que las dosis orgánicas a base de estiércol bovino fueron igual de eficientes en el aporte de nutrientes que la dosis química. La importancia de esta variable

radica en que una mazorca más grande hará un aporte mayor de energía en la dieta animal.

Cuadro 2. Comparación de medias para dosis de fertilizante. Continuación.

Dosis	LM cm	REND Ton ha ⁻¹	PROT %	FDN %	FDA %
D1= 180-90-00	21.30 A	10.19 A	8.80 C	45.59 A	20.66 A
D2= 180 UN	22.23 A	9.89 A	9.50 C	36.71 A	22.41 A
D3= 200 UN	21.93 A	10.20 A	9.50 C	34.71 A	20.50 A
D4= 160 UN	21.26 A	9.36 A	12.15 A	42.85 A	21.18 A
D5= 140 UN	21.23 A	9.33 A	11.33 B	37.16 A	20.16 A
DMS	1.17	0.95	2.33	18.36	2.91

LM= longitud de mazorca; REND= rendimiento de materia seca; PROT= proteína cruda; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido. Letras iguales dentro columnas significa no diferencias significativas, DMS ($p < 0.05$).

Rendimiento de materia seca

El mejor valor promedio se observó en la dosis de 200 UN base estiércol bovino con 10.20 ton ha⁻¹ y fue casi el mismo valor observado para la dosis química con 10.19 ton ha⁻¹, sin embargo, no hubo diferencias significativas en el rendimiento de materia seca entre las diferentes dosis. Los valores de materia seca observados en este trabajo fueron menores a los observados por Fortis *et al* (2009) quienes reportaron un valor máximo de 12.87 Mg ha⁻¹ con vermicomposta. En este caso, la respuesta similar de las dosis orgánicas comparadas con la dosis química se explica porque el estiércol no sólo retiene la humedad por más tiempo, sino que además es una

fuente que libera los nutrientes de manera paulatina a través de todo el ciclo fenológico (Fortis *et al.*, 2009).

Proteína

El forraje de maíz se utiliza en la dieta de los animales con el propósito principal de aportar energía y no tanto proteína, no obstante, dependiendo del genotipo y el manejo del cultivo puede hacer un aporte importante a la dieta animal (Guevara *et al.*, 2016). De los valores de proteína cruda observados en este trabajo, sólo las dosis D4 y D5, respetivamente 160 y 140 UN base estiércol bovino mostraron valores dentro de los rangos considerados como óptimos (11-16 %) para vacas en producción. Es importante destacar que la dosis química mostró el valor más bajo. Los valores de proteína encontrados en las dosis D4 y D5 fueron similares a los valores encontrados por Fortis *et al* (2009) en maíz fertilizado con fertilizante químico, biocompost y vermicompost.

Fibra detergente neutro

En la fibra detergente neutro no se observaron diferencias significativas entre las dosis. El valor más alto, 45.59 %, se observó en la dosis química y el valor más alto observado en las dosis orgánicas fue de 42.85 %. Gallegos-Ponce *et al* (2012) mencionan que valores aceptables de fibra detergente neutro deben ser menores a 50 % para que no interfiera en el consumo de forraje y la digestibilidad de este.

Fibra detergente ácido

No hubo diferencias significativas entre las dosis de fertilizante. El valor más alto, 22.41 %, se observó en D2 180 UN base estiércol bovino. Todos los valores observados en este trabajo estuvieron por debajo del valor de 28 % considerado

como máximo para que un forraje sea considerado optimo respecto a la fibra detergente ácido (Gallegos-Ponce *et al.*, 2012).

Comparación de medias para híbridos

En la comparación de medias entre los dos híbridos evaluados, únicamente se observaron diferencias significativas para la variable hileras por mazorca, en las demás variables las diferencias no fueron significativas, lo cual significa que las diferencias observadas en las variables realmente se debieron a un efecto de las dosis y no a los híbridos evaluados. En términos generales ambos híbridos son recomendables para la producción de forraje de maíz.

Cuadro 3. Comparación de medias para híbridos.

Híbrido	AP m	APM m	DT cm	NH	NGH	HM
H1=Galáctico	2.20 A	1.24 A	2.54 A	13.02 A	40.65 A	16.04 B
H2=AG-614	2.19 A	1.32 A	2.55 A	13.16 A	40.17 A	16.70 A
DMS	0.08	0.09	0.11	0.33	1.51	0.64

AP= altura de planta; APM= altura de primera mazorca; DT= diámetro de tallo; NH= número de hojas; NGH= número de granos por hilera; HM= hileras por mazorca.

Cuadro 3. Comparación de medias para híbridos. Continuación.

HÍBRIDO	LM	REND Ton ha ⁻¹	PROT	FDN	FDA
H1=Galáctico	21.73 A	9.67 A	10.04 A	39.28 A	21.37 A
H2=AG-614	21.45 A	9.90 A	10.46 A	39.53 A	20.60 A
DMS	0.74	1.18	1.47	11.61	1.84

LM= longitud de mazorca; REND= rendimiento; PROT= proteína cruda; FDN= fibra neutro detergente; FDA= fibra ácido detergente.

Digestibilidad In Vitro de la materia seca

El conocimiento de la digestibilidad de los alimentos es básico para establecer su valor nutritivo y, por tanto, para la formulación de raciones para los animales rumiantes (Bochi-Brum *et al.*, 1999). La digestibilidad de la materia seca indica la medida en que el forraje es absorbido al pasar por el tracto digestivo del animal y está en función del estado de madurez en que se corte el forraje, así, tejidos de plantas inmaduras pueden digerirse en un 80 a 90 %, mientras que menos del 50 % del material de tallos maduros se digiere (Ball *et al.*, 2001). El valor más bajo de digestibilidad encontrado en este trabajo fue de 68.9 % en la interacción D5 con el híbrido 1 y el valor más alto fue de 75 % en la D1 con el híbrido 1 (figura 2). De acuerdo con Vergara *et al* (2002) un valor aceptable de digestibilidad debe ser mayor a 65 %. En estudios realizados en La Comarca Lagunera se han encontrado valores de digestibilidad en forraje de maíz de 63 a 72 % (Núñez *et al.*, 2004) por lo que se puede señalar que los valores de este trabajo son aceptables.

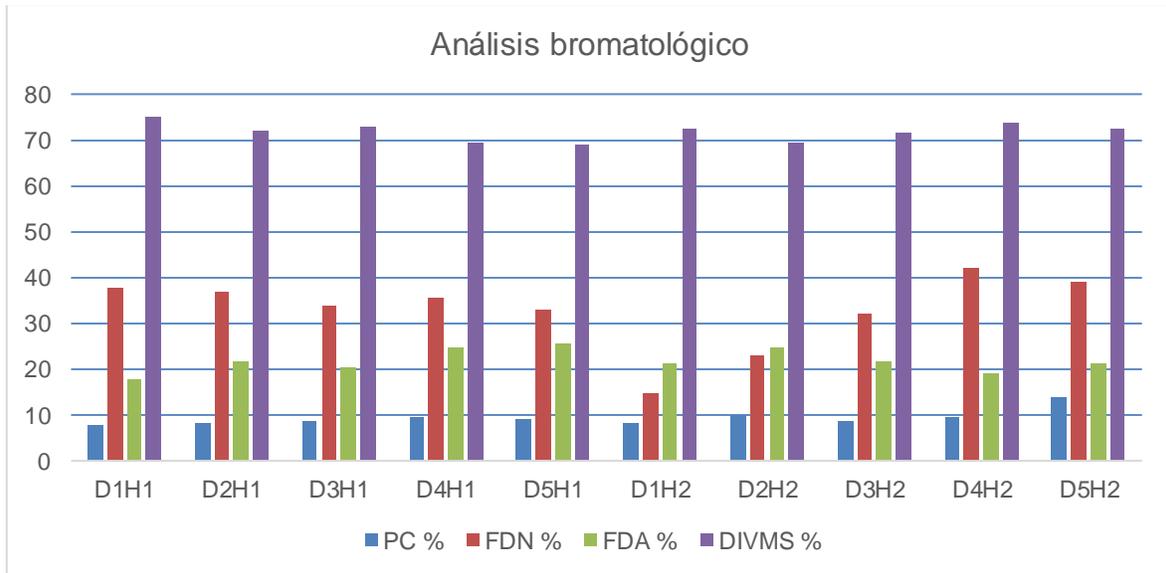


Figura 2. Respuesta en las interacciones entre dosis de fertilizantes e híbridos. D1= 180-90-00; D2= 180 UN; D3= 200 UN; D4= 160 UN; D5= 140 UN; H1=Galáctico; H2=AG-614

CONCLUSIONES

El estiércol bovino demostró tener el potencial de aportar nutrientes igual o mejor que el fertilizante químico y con ello obtener forraje de maíz de calidad y rendimiento de materia seca similar al fertilizante químico.

En diez de las 11 variables evaluadas la mejor respuesta se observó en una dosis a base de estiércol bovino.

El mejor efecto se observó en la D2 180 UN pues sobresalió en cinco de las 11 variables evaluadas.

LITERATURA CITADA

- Altieri, M. A., y Nicholls, C. I. (2017). Agroecology: a brief account of its origins and currents of thought in Latin America. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 41(3-4), 231-237. <https://doi.org/10.1080/21683565.2017.1287147>
- Ball, D.M., M. Collins, G.D. Lacefield, N.P. Martin, D.A. Mertens, K.E. Olson, D.H. Putnam, D.J. Undersander, and M.W. Wolf. 2001. Understanding Forage Quality. American Farm Bureau Federation Publication 1-01, Park Ridge, IL
- Blandon, G. E. J., y Smith, M. A. Z. 2001. Efectos de diferentes niveles de nitrógeno y densidades de siembra sobre el crecimiento y rendimiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) Var. NB-6. Tesis UNA. Managua, Nicaragua.50p.
- Bochi-Brum, O., M.D. Carro*, C. Valdés, J.S. González y S. López. 1999. DIGESTIBILIDAD IN VITRO DE FORRAJES Y CONCENTRADOS: EFECTO DE LA RACIÓN DE LOS ANIMALES DONANTES DE LÍQUIDO RUMINAL. Arch. Zootec. 48: 51-61.
- Braga R. 2003. Labrada R, Fornasari L, Fratini N. Manual para la Capacitación de Trabajadores de Extensión y Agricultores - Alternativas al Bromuro de Metilo para la Fumigación de los Suelos. Unidad de Acción para el Ozono y la Energía, PNUMA-FAO. Roma.
- Campillo, C.; Fortes, R and del Henar Prieto, M. 2012. Solar Radiation Effect on Crop Production. *In: Solar Radiation*. Babatunde, E. B (Ed). Editorial: IntechOpen Limited. London, UK. 167-194 pp. ISBN: 978-953-51-0384-4.
- Cantarero, H. R. J., y Martínez, T. O. A. 2002. Evaluación de tres tipos de fertilizantes (gallinaza, estiércol bovino, y un fertilizante mineral) en el cultivo

- de maíz (*Zea mays* L). Variedad NB-6. Trabajo de diploma. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Agronomía, Managua-Nicaragua.
- Castellanos, R. A., Llamas LI. G y Shimada A. S. 1990. Manual de Técnicas de Investigación en Ruminología. Sistema de Educación de Producción Animal en México A. C. p. 267.
- Chávez G. J. F., M. C., Medina M., U., Figueroa V. 2003. Fertilización del Nogal “En” Tecnología de Producción en Nogal Pecanero INIFAP pp101-126.
- FAO. Food and Agriculture Organization. 2013. El manejo del suelo en la producción de hortalizas con buenas prácticas agrícolas. ISBN 978-92-5-307783-0 (edición impresa) E-ISBN 978-92-5-307784-7 (PDF).
- Figueroa V, R., A. Gallegos P., C. Vázquez V., S. Berúmen P., 2004. Métodos de Establecimiento del Cultivo y Condición de la Cubierta del Suelo en el Desarrollo y Rendimiento del Tomate (*licopersicum esculentum* Mill) “En”. Agrofaz Volumen 4 Número 2, pp 579 – 583.
- Figueroa V. U., Cueto W. J. A., 2003. Abonos orgánicos y plasticultura capítulo I. uso sustentable del suelo y abonos orgánicos pp. 1-17.
- Fortis E. M., J. A. Leos R., I. Orona C., J. L. García H., E. Salazar S., P. Preciado R., J. A. Orozco V., M. A. Segura C., 2009. USO DE ESTIÉRCOL BOVINO EN LA COMARCA LAGUNERA. Agricultura Orgánica. Segunda edición, Agosto de 2009. Capítulo.
- Habteselassie M. Y., Miller B. E., Thacker S. G., Stark J. M., Norton J. M., 2006. Soil nitrogen and nutrients dynamics after repeated application of treated dairy-waste. Soil Sci. Am. J. 70:1328-1337.

- Gallegos-Ponce, A.; Martínez-Ríos, A.; Fernando-Sánchez, M.; Figueroa-Viramontes, R.; Berumen-Padilla, S.; Venegas-Soto, J.; Quevedo-Guillen, J. D.; Escobedo-López, D. y Silos-Calzada, M. C. 2012. Nutritional quality of forage maize (*Zea mays* L.) under limited water logging conditions. *AGROFAZ*. 12(1): 59-66.
- García, E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Quinta edición. Instituto de Geografía. UNAM. México, D. F. 217 p.
- Giraldo, V. (1993). Manejo y utilización sostenible de pasturas. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Goering, H. K., Van-Soest, P. J. 1970. Forage Fiber Analysis (apparatus, reagents, procedures, and some applications). USDA-ARS Agric. Handbook 1970 No. 379.
- Guevara, V. R. V., Lascano, A. P. J., Arcos, A. C. N., Hernán, C. F., Armas, C. J. A., Serpa, G. G. V., Soria, P. M. E., Vera, C. J. C., Torres, I. C. S., Guevara, V. G. E., Roca, C. A. J., Curbelo, R. L. M. 2016. Efecto de la inclusión del forraje de maíz molido en la respuesta productiva de vacas lecheras en pastoreo. *Rev. prod. anim.*, 28 (1), 16-22. *Rev. prod. anim.*, 28 (1), 16-22,
- Gutiérrez (1997). Nutrición mineral de las plantas: avances y aplicaciones. *Agronomía Costarricense* 21(1): 127-137.
- Herrera, S. R. 1999. La Importancia de la Calidad en los Maíces y Sorgos Seleccionados para Forraje y su Efecto en la Producción y Costos de Alimentación. En: *II Ciclo de Conferencias Internacionales Sobre Nutrición y Manejo*. Torreón, Coah. México. Pp. 148-157.

- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements). 2006. The world of organic agriculture statistic and emerging trends. <http://www.ifoam.org> 2 sep 2006
- Instituto Nacional de Ciencias Agropecuarias y Forestales (INIFAP). 2014. Paquete tecnológico para la producción de maíz forrajero en Chihuahua. Centro de investigación Regional Norte Centro, sitio experimental La Campana, Aldama, Chihuahua, México.
- Jones, C.M ., A. J. Heinrichs, G. W. Roth and V. A. Ishler. 2004. From harvest to feed: understading silage mnagement. The Pennylvania State University. College of Agricultural Science. 36 p.
- Katan J. A., 1980. Solar pasteurization of soil for disease control: status y prospect. *Plant Dis.* 64:450-454.
- Lafitte, H. R. 2001. Fisiología del maíz tropical. En: EL MAÍZ EN LOS TRÓPICOS: Mejoramiento y producción. Por: Ripusudan L. Paliwal, Gonzalo Granados, Honor Renée Lafitte y Alejandro D. Violic. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. https://www.fao.org/3/x7650s/x7650s05.htm#P0_0
- Larios, O. L. 2009. Contaminación del agua por nitratos: significación sanitaria. *Revista Archivo Médico de Camagüey* v.13 n.2 Camagüey mar.-abr.
- López, M. J., Figueroa, U., Fortis, M., Núñez, G., Ochoa, E., y Sánchez, J. I., 2015. Evaluación de dosis equivalentes de fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero (*Zea mays*). *FYTON*, 84, 8-13.

- Mengel, K., Kirkby, E. A. 2000. Principios de Nutrición Vegetal. 4ta. Edición. Instituto Internacional del Potasio P.O. Box 1609 CH-4001 Basilea/Suiza. 597 pp.
- Mera, O. L. M. y Caballero, N. J. 2013. Importancia del maíz en Mesoamérica a partir de las representaciones prehispánicas. *In: el cultivo del maíz temas selectos*. De León, C. y Rodríguez, M. R. (Eds.). Volumen 2. Colegio de Posgraduados. 300 p.
- Murillo-Amador, B., Rueda-Puente E.O., Ruiz-Espinoza F. H., García-Hernández J.L., Beltrán -Morales F. A. 2010. Agricultura Orgánica. Temas de actualidad. Editorial plaza y Valdez. México, D.F. 389 pp. 219-225.
- Núñez, H. G., E. Contreras, R. Faz y R. Herrera S. 2004. Producción, composición química y digestibilidad in vitro de híbridos de maíz de origen tropical y templado en la región árida de México. *Avances en Investigación Agropecuaria*, vol. 8, núm. 1, febrero, 2004, p. 0 Universidad de Colima Colima, México.
- Pastora, R. 1996. Evaluación sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento de los cultivos y su uso equivalente de la tierra, Tesis. UNA. Managua-Nicaragua 43p.
- Pavón, G. J. D., y Zapata, V. O. I. 2012. COMPARACIÓN DE TRES FERTILIZANTES ORGÁNICOS Y UN COMBINADO EN EL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*), EN EL CAMPUS AGROPECUARIO DE LA UNAN-LEÓN EN EL PERIODO COMPRENDIDO DE ABRIL A JULIO DEL 2011. Tesis de licenciatura. Previo para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA UNAN – LEON

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS DEPARTAMENTO DE
AGROECOLOGIA.

Piaggese A. (2004). Los microelementos en la nutrición vegetal (10-57 pp).
VALAGRO Spa. Italia.

Quiroga-Garza, Héctor Mario; Cueto-Wong, José Antonio; Figueroa-Viramontes,
Uriel. 2011. EFECTO DEL ESTIÉRCOL Y FERTILIZANTE SOBRE LA
RECUPERACIÓN DE 15N Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA Terra
Latinoamericana, vol. 29, núm. 2, abril-junio, 2011, pp. 201-209.

Restrepo, S.P., Pineda, E.C. y Ríos, L. A. 2017. Mecanismos de acción de hongos
y bacterias empleados como biofertilizantes en suelos agrícolas: una revisión
sistemática. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 18(2), 335-
351. https://doi.org/10.21930/rcta.vol18_num2_art:635

Reta Sánchez, D. G., Serrato Corona, J. S., Quiroga Garza, H. M., Gaytán Mascorro,
A., Figueroa Viramontes, U. 2017. Secuencias de cultivo alternativas para
incrementar el potencial forrajero y productividad del agua. *Rev Mex Cienc
Pecu.* 8(4):397-406.

Rocheli de Souza, Adriana Ambrosini and Luciane M.P. Passaglia. 2015. Plant
growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. *Genetics and
Molecular Biology*, 38(4):401-419 DOI: [http://dx.doi.org/10.1590/S1415-
475738420150053](http://dx.doi.org/10.1590/S1415-475738420150053).

SADER-SIAP. 2020. Inventario 2020 Bovino para leche.
[https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/655393/Inventario_2020_b
ovino_para_leche.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/655393/Inventario_2020_bovino_para_leche.pdf)

- SIAP-Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2020. Avance de Siembras y Cosechas. https://nube.siap.gob.mx/avance_agricola/
- Salazar-Sosa E 1998. Mineralización y distribución del nitrógeno a través de la zona radicular en dos sistemas de labranza bajo condiciones de campo. TERRA. 16: 2: 163-172.
- Salazar S. E., Vázquez V. C., Rivera O. O., 2002. Manejo y biodegradación del estiércol bovino en la comarca lagunera, memorias de la XV semana internacional de agronomía. Facultad de Agricultura y Zootecnia de la Universidad Juárez del Estado de Durango.
- Salazar-Sosa, E., C. Vázquez-Vázquez, H. I. Trejo-Escareño y O. Rivera-Olivas. 2003. Aplicación, manejo y descomposición de estiércol de ganado bovino. pp. 18-36. *In*: UJED, SMCS, A. C. y COCYTED (eds.). Agricultura Orgánica. Gómez Palacio, Durango, México.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2012. Anuario estadístico de la producción agropecuaria en la Comarca lagunera. Delegación regional de la SAGARPA, Gómez Palacio Dgo.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) 2006. Anuario Estadístico de la Producción Agropecuaria Región Lagunera (DURANGO –COAHUILA) pp. 24.
- Somarriba, C.1997. Texto Básico de Granos Básicos. Universidad Nacional Agraria. Managua-Nicaragua. 197 pp.
- Van Soest, P.J. (1994) Nutritional ecology of the ruminant. 2nd Edition, Cornell University Press, Ithaca, 476.

- Vázquez V. C., Reyes O. M., Salazar S. E., Figueroa V. R., López M. J., Orona C. I., Zúñiga T. R., Jiménez F., 2008. Solarización del estiércol de bovino para la producción de abono orgánico inocuo en la comarca lagunera. Agricultura Orgánica. AGROFAZ. Volumen 8 numero 2.
- Vergara, N., Ramirez, A., Sierra, M y Cordoba, H. 2002. Comportamiento de cruza simples y aptitud combinatoria de líneas tropicales de maíz de grano blanco. Memoria de la XLVIII Reunión anual del programa cooperativo centroamericano para el mejoramiento de cultivos y animales. República Dominicana. 52 p.
- Yapura, S. 2021. Importancia del maíz en la producción animal. Veterinaria digital. Todo sobre medicina veterinaria y producción animal. <https://www.veterinariadigital.com/articulos/importancia-del-maiz-en-la-produccion-animal/>