

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Producción de maíz (*Zea mays. L.*) con labranza de conservación, fertilizado en base al rendimiento esperado utilizando diferentes fuentes nutricionales

Por:

HECTOR JAIR JIMENEZ BERISTAIN

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el
título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Producción de maíz (*Zea mays. L.*) con labranza de conservación, fertilizado en base al rendimiento esperado utilizando diferentes fuentes nutricionales

Por:

HECTOR JAIR JIMENEZ BERISTAIN

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado examinador como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobado por:



Dr. Alain Buendía García
Presidente



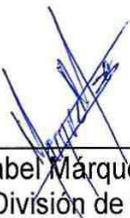
Dr. Eduardo Aron Hernández Flores
Vocal



Dr. Miguel Ángel Urbina Martínez.
Vocal



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Vocal suplente



Dr. J. Isabel Márquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO UNIDAD ALGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Producción de maíz (*Zea mays. L.*) con labranza de conservación, fertilizado en base al rendimiento esperado utilizando diferentes fuentes nutricionales

Por:

HECTOR JAIR JIMENEZ BERISTAIN

TESIS

Presenta como requisito para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por el comité de asesorías



Dr. Alain Buendía García
Asesor principal



Dr. Eduardo Aron Hernández Flores
Coasesor



Dr. Miguel Ángel Urbina Martínez
Coasesor



Dr. J. Isabel Marquez Mendoza
Coasesor



Dr. J. Isabel Marquez Mendoza
Coordinador de la División de Carreras Agronómicas



COORDINACIÓN DE LA DIVISIÓN
DE CARRERAS AGRONÓMICAS

Torreón, Coahuila, México

Septiembre 2022

AGRADECIMIENTOS

A mi alma mater la **Universidad Agraria “Antonio Narro” Unidad laguna**, por otorgarme de conocimientos y valores, forjar los cimientos de mi vocación, por ser mi segunda casa. Gracias.

Al Dr. **Alain Buen Día García**, por ser mi mentor en esta última fase de mi formación académica y enseñarme que con esfuerzo y determinación todo se logra. Gracias.

A **Dr. Eduardo Aron Hernández Flores**, por su disposición, paciencia, tiempo y por su esfuerzo por ayudarme a terminar este último proyecto en mi vida académica.

A los doctores **Miguel Ángel Urbina Martínez y J. Isabel Márquez Mendoza**. Por el conocimiento y el tiempo que le dedicaron a este proyecto y a ver aceptado ser mis asesores.

DEDICATORIA

A **Dios** por haberme puesto en esta vida. Iluminar mi camino y permitirme llegar a este momento especial en la vida.

A **mis padres** Guillermina Beristain Flores y a Hipólito Eugenio Jimenez Martínez, por su gran apoyo incondicional en este viaje que estoy a punto de finalizar, sus sabios consejos, todo el amor que me demostrado y otorgado en cada etapa de mi vida y enseñándome sobre todas las cosas de la importancia de la familia.

A **mis hermano** que les tengo un amor incomparable, que con dificultades hemos podido sobre salir y aprender hacernos más fuertes, siendo para mi unas de las personas más importantes para mi vida porque siempre estamos para las buenas y las malas. A **mis sobrinos** ya que ustedes también son importantes son el futuro y presente, una parte importante para mi vida que impulsa a seguir adelante.

A **mi hermano Gonzalo** que ya no está con nosotros pero siempre te llevo en mi mente y corazón, me enseñó el verdadero valor de la familia y la vida, saber que juntos podemos sobresalir de cualquier problema que se interponga en nuestro camino. Por eso hasta el cielo te mando un fuerte abrazo.

INDICE

AGRADECIMIENTOS	i
INDICE DE TABLA.....	vi
INDICE DE FIGURA.....	vii
INDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos	3
2.3 HIPÓTESIS	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
3.1 Origen del maíz.....	4
3.2 Importancia del maíz	4
3.3 Importancia del cultivo del maíz forrajero.....	5
3.4 Utilizaciones del maíz.....	6
3.5 Clasificación taxonómica.....	7
3.6 Características morfológicas	7
3.7 Sistema radicular	8
3.8 Agricultura de conservación	9
3.9 Origen de la agricultura de conservación	9
3.10 Importancia de la agricultura de conservación.....	10
3.11 Materia orgánica	11
3.12 Abonos orgánicos	12

3.13	Estiércol	12
3.14	Agricultura convencional	13
3.15	Suelo	15
3.16	Fertilizantes convencionales nitrogenados.....	15
3.17	Ciclo del nitrógeno.....	15
3.18	Eficiencia de fertilizantes nitrogenados	17
3.19	Influencia del nitrógeno	17
3.20	Fertilizantes de lenta liberación.....	17
3.21	Porque fertilizantes de lenta liberación.....	18
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
4.1	Localización geográfica.....	20
4.2	Clima	21
4.3	Características edáficas.	21
4.4	Hidrología.....	22
4.5	Humedad relativa.	22
4.6	Localización del área experimental	25
4.7	Características iniciales del suelo	25
4.8	Factores de estudio.....	26
4.9	Genotipo.....	29
4.10	Modelo estadístico y diseño experimental.....	29
4.11	Parcela experimental.....	29
4.12	MANEJO AGRONÓMICO DEL TERRENO.....	31
4.12.1	Preparación del suelo para (At) y (Ac).....	31
4.12.2	Siembra	32
4.12.3	Fertilización	33

4.12.4	Riegos	35
4.12.5	Control de malezas.....	35
4.12.6	Control de plagas.....	35
4.12.7	Cosecha	36
4.13	Variables evaluadas.....	37
4.14	Rendimiento de forraje verde	37
4.15	Rendimiento en seco.....	38
4.16	Calidad del forraje	38
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	40
5.1	Evaluación de rendimiento de forraje verde (FV) y forraje seco (FS).....	40
5.2	Calidad de forraje.....	41
VI.	Conclusion	43
VII.	LITERATURA CITADA.....	44

INDICE DE TABLA

Tabla 1 Clasificación taxonómica del maíz.....	7
Tabla 2 Área total, en hectáreas, bajo no labranza en varios países en las décadas de 1970 a 1999/2000 (Derpsch., 1999).....	11
Tabla 3 Contenido de materia orgánica y otros micro y macronutrientes, en diferentes tipos de estiércoles (Aso y Bustos., 1991).....	13
Tabla 4 Prácticas comunes y sus consecuencias en la agricultura convencional (FAO., 2002).....	14
Tabla 5 Promedio de temperaturas máximas, mínimas, medias, precipitación pluvial (PP) y humedad relativa (HR) de los meses de abril y octubre del 2007 a 2015 en la Región Lagunera.....	23
Tabla 6 Resultados de los análisis de suelo obtenidos en la en la área que se estableció el proyecto de siembra.....	26
Tabla 7 Características químicas del estiércol de bovino.....	28
Tabla 8 Representación de los tratamientos de las parcelas.....	30
Tabla 9 Calendario de riego del 10 de julio al 16 de septiembre del 2019.....	35
Tabla 10 Evaluación de medias por tratamiento para el rendimiento de (FV) y (FS) en (kg ha ⁻¹).....	41
Tabla 11 Evaluación de medias de calidad de forraje. Pc, FDA, FDN, CNF, NTD, ENL.....	42

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Ciclo del nitrogeno.....	16
Figura 2. Municipios que conforman la Región lagunera.	20
Figura 3. Ubicación del area experimental.	25
Figura 4. Preparacion con de la parcela experimantal con barbecho.	31
Figura 5. Sembradora de la maraca GASPARDO de presicion de cuatro hileras. 32	
Figura 6. Simbra del cultivo del maiz, con sembradora de precisión de la marca GASPARDO.....	33
Figura 7. Dosificacion de los fertilizantes quimicos.....	34
Figura 8. Aplicación de fertilizantes quimicos YARA y Urea.....	34
Figura 9. Colocacion de feromonas.	36
Figura 10.Cosecha de con maquina enciladora.	37
Figura 11.Muestras para evluar rendimiento y calidad de forraje.	38
Figura 12.Trituracion y tamisado de la materia seca para la optencion de la calidas de maiz forrajero.....	39

INDICE DE ANEXOS

Anexo A Análisis de varianza de forraje verde de maíz forrajero en kg ha ⁻¹ . Verano 2019.	49
Anexo B Análisis de varianza de forraje seco del maíz forrajero en kg ha ⁻¹ . Verano 2019.	49
Anexo C Análisis de varianza para el contenido de energía neta de lactancia (ENL) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.	49
Anexo D Análisis de varianza para el contenido nutrientes totales digestibles (NTD) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.	49
Anexo E Análisis de varianza para el contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.	50
Anexo F Análisis de varianza para el contenido de fibras detergente neutro (FDN) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.	50
Anexo G Análisis de varianza para el contenido de fibras detergentes acidas (FDA) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.	50
Anexo H Análisis de varianza para el contenido de proteína cruda (PC) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.	50

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta en el rendimiento y calidad del maíz forrajero a la fertilización de estiércol bovino, químico y fertilizantes de lenta liberación en agricultura de conservación y tradicional la cual es representativo de los sistemas intensivos de producción de forraje de la Comarca Lagunera, México. En verano 2019 se evaluaron tres tratamientos: Tratamiento de estiércol 60 ton kg⁻¹, tratamiento con fertilizante químico con una dosificación (200-64-00). Tratamiento con fertilización de lenta liberación (200-64-00). En el manejo para el control de plagas se utilizaron productos químicos como proclain 5GS, muralla, Acidex y COAi para el control de insectos chupadores como (chiches) y el gusano cogollero, al igual se implementaron feromonas para el control del estado adulto del gusano cogollero. El diseño experimental fue de tipo factorial de dos factores. Los rendimientos de forraje verde y seco (FV) y (FS) fluctuaron de 33,441 a 42,157 kg ha⁻¹ 11,035 a 13,912 kg ha⁻¹ de (FS), donde no se encontraron diferencias significativas en FV y FS entre los tratamientos ($p>0.05$). Al igual que en los resultados de calidad de forraje no se encontraron diferencias significativas entre las variable evaluados, sus mínimas y máximas, (PC) 8.75 a 9.30%, (FDA) 19.56 a 24.417%, (FDN) 38.387 a 44.51%, (CNF) 39.407 a 45.947%, (NTD) 66.75 a 70.24% y (ENL) 1.45 a 1.52% ($p>0.05$). Los resultados muestran que es factible adoptar la agricultura de conservación manteniendo los rendimientos esperados y cambiar la fertilización química por fertilizantes de lenta liberación u orgánica tomando en cuenta las necesidades de nutrientes del cultivo.

PALABRAS CLAVES: Zea mays, Rendimiento, Forraje, Calidad, Agricultura de conservación y tradicional

I. INTRODUCCIÓN

En la agricultura moderna es absolutamente necesario el uso de agroquímicos para mantener un alto rendimiento en los cultivos. El N es el insumo de mayor impacto sobre el rendimiento económico. Sin embargo, en muchos casos, los rendimientos potenciales del cultivo, debido a la disponibilidad de insumos, la nutrición, su manejo a través, y en algunos casos la eficiencia de uso de los fertilizantes nitrogenados. Estos se pueden mediante una buena práctica de manejo de fertilizante que involucren alcanzar un óptimo uso de los nutrientes.

Los fertilizantes de lenta liberación con una alta solubilidad controlada con una opción eficaz para aumentar la eficiencia de absorción de nutrientes por los cultivos. Además, el uso de estos evita que se tengan pérdidas por lixiviados, volatilizaciones y desnitrificación y por lo tanto, una menor contaminación hacia el ambiente. (Mora *et al.*, 2014).

El maíz forrajero es utilizado principalmente como fuente de energía en la alimentación animal (Deinum y Stuik., 1986). Los objetivos principales para su producción son la obtención de MS, alta calidad alimenticia para los rumiantes y un adecuado porcentaje de MS para asegurar una apropiada fermentación y consumo por parte del ganado (Fassion *et al.*, 2018). Es utilizado ampliamente para alimento para animales rumiantes, proporcionándolos, generalmente, en forma de ensilaje de toda la planta (Boon *et al.*, 2012 y Callozos *et al.*, 2018). Debido al mayor desarrollo técnico de los sectores de la producción lechera y de la carne vacuno, se destaca como planta forrajera por su alto rendimiento en materia seca y alto contenido energético (Mendes *et al.*, 2015 y Callozos *et al.*, 2018). El cultivo del

Los nutrientes en los forrajes son elementos decisivos para el funcionamiento adecuado en la producción, los cuales son: proteínas, grasas, hidratos de carbono y minerales. (Benítez., 1980 y Quespaz., 2016). Todos los alimentos de origen animal o vegetal están compuestos por los mismos nutrientes (agua, carbohidratos, lípidos, proteínas, vitaminas y minerales); la función del producto para tener un buen crecimiento en sus animales es ofrecerle una mezcla de alimentos que llene sus

requerimientos; la composición de los alimentos debe ser entonces la base sobre la cual se deciden los ingredientes a usar y sus combinaciones (Flores., 1987 y Solares., 2003).

En México, el sustrato más utilizado para la producción de cultivos es el estiércol de bovino (Buendía., 2018). El inventario de ganado bovino de leche en el año 2018 en la comarca lagunera fue de 490 876 cabezas (García *et al.*, 2019 y Molina *et al.*, 2020). La Secretaria de Agricultura y de Desarrollo (SAGARPA., 2010 y Molina *et al.*, 2020). Menciona que se utiliza para la actividad ganadera una superficie de 110 000 km² (11 × 10⁶ ha) y esto corresponde al 5.6% del área total de México. A nivel regional se genera 7.5×10⁶ t de excreta total en fresco, conteniendo al 12.3% de materia seca (MS) lo que equivale a una producción de estiércol seco de 925 000 t anuales (Molina *et al.*, 2020), las cuales generan aproximadamente 1,101, 000 mega gramos por año, (Mg año⁻¹) de estiércol de bases seca (MS), con una aportación de N de 1.6% con base a peso seco o 14 800 Mg año⁻¹. Aproximadamente una vaca genera aproximadamente 6.5 kg al día de estiércol en base materia seca. (Buendía., 2018). El objetivo presente de la investigación fue evaluar fertilizantes químicos y estiércol en base al rendimiento en maíz forrajero.

Envase a los argumentos expuestos es que se considera de gran importancia generar información que dé certeza a los productores agropecuarios sobre la posibilidad de remplazar la agricultura tradicional por una agricultura de conservación, sustituyendo la fertilización química del maíz forrajero por estiércol seco o fertilizante de lenta liberación.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar la factibilidad de sustituir la agricultura tradicional por una agricultura de conservación utilizando diferentes fuentes nutricionales.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar el rendimiento y calidad de maíz forrajero.
- Evaluar rendimiento y calidad del maíz forrajero abonado con fertilizantes químicos convencionales, fertilizantes de lenta liberación y estiércol seco de bovino lechero.
- Evaluar la factibilidad de sustituir la agricultura tradicional intensiva por una de conservación.
- Evaluar la factibilidad de sustituir la fertilización convencional por fertilización de lenta liberación o por estiércol con dosis estimadas en fase al rendimiento promedio de maíz en la comarca lagunera.

2.3 HIPÓTESIS

- Es factible sustituir la agricultura tradicional por una agricultura de conservación alcanzando los mismos rendimientos en materia seca y calidad nutricional que la agricultura tradicional.
- Mediante la aplicación de estiércol o fertilizantes de lenta liberación es posible aportar las necesidades de nitrógeno en la producción de maíz forrajero.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Origen del maíz

La planta del maíz deriva del teocinte (*Zea mays. Mexicano*) que crece de maneras silvestres en Mesoamérica. Existen estudios en México en los que esta pequeña mazorca, encontradas en cuevas de la región árida de Tehuacán, fueron fechadas por análisis de carbono radiactivo, alrededor de 5000 años a.C. En la época precolombina el maíz se introdujo en Sudamérica, donde también 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 originario de América pero el origen de esta planta sigue siendo un misterio. Hay pruebas aportadas por los hallazgos arqueológicos y paleobotánicas de que el valle de Tehuacán al sur de México ya se cultivaba el maíz hace aproximadamente 4,600 años (Izquierdo., 2012).

3.2 Importancia del maíz

El maíz (*Zea mays L.*) se considera el cereal más importante en el mundo en términos de producción total, con un valor de 1007473 t, producidas durante el 2014 (Kurtz *et al.*, 2016; Mahama *et al.*, 2016 y Sánchez *et al.*, 2019). En México ningún otro cultivo tiene tanta importancia como el maíz. Desde la perspectiva productiva, se ubica como el principal cultivo en comparación con el sorgo, trigo, cebada, arroz y avena, los cereales más cultivados en el territorio mexicano.

La Comarca Lagunera es una de las principales cuencas lecheras a nivel nacional y su ganado fundamental con alfalfa, ensilaje y concentrados; siendo ensilajes de maíz el más popular entre estos, lo anterior ha provocado que en los últimos años se incrementen las áreas para este cultivo, debido a que es uno de los forrajes que requieren menos agua (Arreola *et al.*, 1996).

Es el principal cultivo tanto por la superficie que se siembra como el volumen de producción que se obtiene. No obstante, se reconoce ampliamente en los sectores públicos y privado, en los ámbitos nacionales e internacionales, que la

importancia del maíz en México va más allá que de los aspectos económicos y comerciales (Polanco *et al.*, 2008).

3.3 Importancia del cultivo del maíz forrajero.

El maíz ha sido utilizado como forraje para la alimentación de ganado en diferentes formas, tales como rastrojo, grano y ensilaje. En el 2019, la producción de maíz forrajero a nivel nacional fue de 15, 569,846.80 (ton) lo que género 10, 198,617.46 mp. (SIACON., 2020). Los principales estados productores de maíz forrajero son: Jalisco con más de cinco millones de toneladas, Durango con más de un millón 942 mil toneladas y zacatecas con más de un millón 721 mil toneladas. (SADER., 2020). En la Comarca Lagunera se sembraron 40, 729 ha y se cosecharon 40, 669 ha en el año 2019 con una producción media de 31.25 toneladas por hectárea (SIACON., 2020).

El grano de maíz es el alimento ideal para consumo directo o indirecto de la población y el forraje se utiliza para alimentar al ganado, tiene el más alto valor comparado con otros cereales, por lo que se le denomina el rey de los granos (Ayvar-serna *et al.*, 2020).

La comarca lagunera es la principal región productora de leche del país, con más de 400 mil cabezas de ganado lechero. En el 2008 se sembraron 129 mil ha en esta región, de las cuales el 73% se ocuparon par cultivos forrajeros. El maíz par ensilaje es el segundo cultivo forrajero después de la alfalfa y representa el 30% de la superficie cosechada con forrajes (Gonzáles *et al.*, 2009).

En la zona rural, la población activa se concentra en la rama de agropecuaria con más de 64% (Izquierdo., 2012).

En el año 2016 se establecieron en México 7.8 millones de hectáreas para grano y 578 mil de maíz forrajero, con un rendimiento de 29.1 t ha de materia verde (SIAP., 2017 y Sánchez *et al.*, 2019). En México la demanda de forrajes aumenta considerablemente conforme pasen los años; una alternativa que se presenta que es el maíz como elemento forrajero, el cual tiene unas ventajas como son el cultivo establecido que ocupa el terreno durante una corta temporada y aprovecha el agua de forma eficiente. El forraje obtenido generalmente es ensilado para utilizarse en la época crítica (Latournerie *et al.*, 1996).

3.4 Utilizaciones del maíz

Coll y Godínez., 2003 y Gonzales *et al.*, 2015 consideran al maíz como un elemento estratégico para la soberanía y seguridad alimentaria en sus distintas formas de usos y valores socioculturales de los mexicanos principalmente para el medio rural.

- Alimentación: referido al uso en la alimentación humana (verde o seco), directo o procesado y transformado de manera tradicional o artesanal en harina, en comidas y bebidas.
- Forraje: utilizada en alimentación animal o de crianza doméstica.
- Medicinal: se prepara solo o con otros productos.
- Combustible: los tallos, hojas y coronta son utilizados como leña en la cocina, hornos, fogatas u otras para producir calor o para cocinar o combustible para autos (INIA., 2008).

3.5 Clasificación taxonómica

El maíz es una planta que taxonómicamente se clasifica como angiosperma, monocotiledónea y se ubica dentro de la familia de las gramíneas (Tabla 1).

Tabla 1 Clasificación taxonómica del maíz.

Dominio	Eucaria
Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Sub división	Pterapsidae
Clase	Angiosperma
Sub clase	Monocotiledoneae
Orden	Graminales
Familia	Gramiaeeae
Genero	Zea
Especie	Mays

3.6 Características morfológicas

- **Planta:** existen variedades enanas de 40-60 cm de altura, hasta las gigantes de 3 m.
- **Tallo:** puede tener varios o ningún brote, pero la producción de mazorca tiene lugar sobre todo en el tallo principal leñoso y cilíndrico, longitudinalmente compuesto de nudos y entrenudos, los cuales varían de 8-25 con un promedio de 14, exponiendo una hoja en cada nudo y una yema en la base de cada entrenudo.
- **Hojas:** son largas y angostas y los bordes generalmente lisos. Es una vaina foliar (lígula) pronunciada, cilíndrica en su parte inferior y que se sirve de cubierta de los entre nudos del tallo, abrazándolo (aurículas), pero con los extremos desnudos. Su color usual es verde, pero se puede hallar rayadas en blanco y verde o verde y púrpura. Presentándose en igual cantidad que los entrenudos.

- **Sistema floral:** de las yemas localizadas en la base de los entrenudos se desarrollan en el tallo, de 1-3 mazorcas (elotes), que contienen los ovarios y a su vez, se convertirán en granos después de la polinización. Cada ovario tiene un largo estilo (pelo, cabello o barba), que sobre sale de las hojas modificadas (tuza o espatas), que forman las hojas que recubren la mazorca; el polen que cae sobre las barbas germina y crece a través de los estilos hasta que alcanza y se produce la fecundación.
- **Fruto:** son granos o cariósides que se encuentran a razón de 600-1000 por mazorca, dispuestas en hileras en el olote, con un promedio de 14 y puede ser dentados o semi dentado, también cristalinos u opacos, dependiendo de la variedad; en cuanto su color, destacan los maíces blancos y los amarillos (mayor contenido de caroteno), los cuales son preferidos por la agroindustria (Augusto., 2010).

3.7 Sistema radicular

- Raíz seminal o principal: 1-4 raíces que pronto dejan de funcionar y que se originan en el embrión.
- La planta se alimenta de las semillas, las primeras dos semanas después de la germinación.
- Raíces adventicias: casi la totalidad del sistema radicular son de este tipo, las que pueden alcanzar hasta 2 m de profundidad, dependiendo de las reservas de humedad de los suelos.
- Raíces de sostén o soporte: que se desarrollan en los nudos basales, favoreciendo una mayor estabilidad de la planta y forman parte en los procesos fotosintéticos.
- Raíces aéreas las cuales no alcanzan el suelo.

3.8 Agricultura de conservación

Cada vez más agricultores están adoptando prácticas de agricultura de conservación. Este método de agricultura sustentable se basa en tres principios: diversificación de cultivos, movimiento mínimo del suelo y cobertura permanente del suelo.

La agricultura de conservación se basa en los principios interrelacionados de la mínima alteración mecánica del suelo, la cobertura permanente del suelo con material vegetal vivo o muerto y la diversificación de cultivos mediante la rotación o cultivos intercalados. Para reducir la alteración del suelo, los agricultores practican la labranza cero, lo que permite la siembra directa sin arar o preparar el suelo (CIMMYT., 2020).

3.9 Origen de la agricultura de conservación

El término “agricultura de conservación” se acuñó en la década de 1990, pero la idea de minimizar la alteración del suelo tiene su origen en la década 1930, durante el Dust Bowl en los estados unidos (CIMMYT., 2020).

Esto ha llevado a lo que ha dado en llamarse agricultura de conservación. Hay tres criterios interrelacionados que distinguen la agricultura de conservación de un sistema de agricultura convencional: labranza reducida o cero, cobertura permanente del suelo y rotación de cultivos. La biomasa producida por el sistema se mantiene sobre la superficie del suelo y sirve como protección física del mismo y con sustrato de la fauna del suelo. De esa forma, la mineralización se reduce y la materia orgánica del suelo se mantiene o aumenta.

Las características principales de la agricultura de conservación son.

- No se ara, rastrea o escarda el suelo.
- Los residuos del cultivo y el cultivo de cobertura permanecen sobre la superficie del suelo.
- No se queman los residuos del cultivo.
- Se replica el sistema cerrado del reciclaje forestal.

- Cal y algunas veces fertilizantes, se aplican sobre la superficie.
- Uso de equipos especializados.
- Las rotaciones de cultivos y los cultivos de cobertura son usados para maximizar los controles biológicos (o sea más, diversidad de especies y cultivos (FAO., 2002).

El CIMMYT comenzó a trabajar con la agricultura de conservación en América Latina y el sur de Asia en la década de 1990 y en África a principios de la década de 2000. Actualmente, estos esfuerzos se han ampliado y los principios de la agricultura de conservación se han incorporado a proyectos como CSISA, FACASI, MasAgro, SIMLESA y SRFSI (CIMMYT., 2020).

3.10 Importancia de la agricultura de conservación.

La agricultura de conservación busca una producción sostenible y rentable, basada en tres principios: una perturbación mínima y cobertura permanente del suelo, características de la siembra directa y la rotación de cultivos. Es aplicada en 100 millones de hectáreas en el mundo (CIMMYT., 2020).

La agricultura de conservación basada en la labranza cero ha demostrado ser especialmente útil para mantener y aumentar la materia orgánica del suelo y para mantener su fertilidad, reduciendo básicamente su disturbio y conservando su estructura y estimulando la biota (FAO., 2002).

Los agricultores pioneros comenzaron a aplicar la labranza cero como forma de la labranza convencional a inicios de las décadas de 1960 y 1970, en los estados unidos de América y en Brasil, respectivamente. La adopción fue inicialmente a partir de la década 1980, su difusión ha sido rápida, en especialmente en América y en Australia (Tabla 2).

Tabla 2 Área total, en hectáreas, bajo no labranza en varios países en las décadas de 1970 a 1999/2000 (Derpsch., 1999).

País	1973/74	1983/84	1999/2000
Estados Unidos América	2,200,000	4,800, 000	19,750,000
Canadá	–	–	4,080,000
Reino Unido	200,000	275,000	–
Francia	50,000	50,000	–
Países Bajos	2,000	5,000	–
Japón-Malasia-Sri Lanka	200,000	250,000	–
Australia	100,000	400,000	8,640,000
Nueva Zelandia	75,000	75,000	–
Brasil	1,000	400,000	13,470,000
Argentina	–	–	9,250,000
México	–	–	650,000
Paraguay	–	–	800,000
Uruguay-Chile-Bolivia	–	–	350,000

3.11 Materia orgánica

El suelo recibe una gran cantidad de restos de orgánicos de distinto origen, entre estos, restos de las plantas superiores que llegan al suelo de dos maneras: se depositan en la superficie (hojas, ramas, flores, frutos) o quedan directamente en la masa del suelo (raíz al morir).

Los residuos orgánicos sin descomponer están formados por: hidratos de carbono simples y complejos, compuestos nitrogenados, lípidos, ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, málico, malónico y succínico); polímeros y compuestos fenólico (ligninas, taninos, etc.) y elementos minerales. Todos estos componentes de la materia viva sufren una serie de transformaciones que originan lo que conocemos como materia orgánica.

Basándose en lo anterior, se considera a la materia orgánica del suelo (MOS) como un continuo de compuestos heterogéneos con base de carbono, que están formados por la acumulación de materiales de origen animal y vegetal parcial o completamente descompuestos o en continuo estado de descomposición, de sustancias sintetizadas microbiológicamente y/o químicamente, del conjunto de microorganismos vivos y muertos y de animales pequeños que un faltan descomponer (Meléndez *et al.*, 2003).

3.12 Abonos orgánicos

Los abonos orgánicos son los que se obtienen de la degradación y mineralización de materiales orgánicos (estiércoles, desechos de la cocina, pasto incorporados al suelo en estado verde, etc.) que se utilizan en suelos agrícolas con el propósito de activar e incrementar la actividad microbiana de la tierra, el abono es rico en materia orgánica, energía y microorganismos, pero bajos en elementos inorgánicos.

El contenido de nutrientes en los abonos orgánicos está en función de las concentraciones de éstos en los residuos utilizados. Los abonos orgánicos básicamente actúan en el suelo sobre tres propiedades: física, química y biológicas (FONAG., 2010).

3.13 Estiércol

Se conoce como estiércol al excremento proveniente del ganado vacuno y caballar, pero el resto de los animales, incluido, humanos, también producimos excremento. La diferencia en cada caso es debido a la proporción de los elementos que la constituyen. En particular el ganado vacuno que es el más popular, se alimenta principalmente de pasturas o forrajes, típico de los animales llamados herbívoros, por lo que la composición de sus excrementos básicamente es fibra y agua (Arellano *et al.*, 2014).

Comparación de contenido de materia orgánica y algunos micronutrientes contenidos en el estiérco fresco de diferentes animales domésticos y el humano, según el porcentaje de la materia seca (Tabla 3).

Tabla 3 Contenido de materia orgánica y otros micro y macronutrientes, en diferentes tipos de estiércoles (Aso y Bustos., 1991).

Nutrientes	Vacunos	Porcinos	Caprinos	conejos	Humanos	Aves
Materia orgánica.	48.90	45.30	52.80	63.90	88-97	54.10
Nitrógeno total.	1.27	1.36	1.55	1.94	5-7	2.38
Fosforo (P ₂ O ₅)	0.81	1.98	2.92	1.82	3-5.4	3.86
Potasio (K ₂ O)	0.84	0.66	0.74	0.95	1-2.5	1.39
Calcio (CaO)	2.03	2.72	3.20	2.36	4-5	3.63
Magnesio (MgO)	0.51	0.65	0.57	0.45	2-3	0.77

El estiércol normalmente se ha considerado como un producto de desecho de la producción ganadera; sin embargo, un nombre más preciso para este material sería un recurso reciclado de la ganadería, ya que el productor tiene una segunda oportunidad para reciclarlo para utilizar los nutrientes que nos han sido plenamente utilizados por el animal. La correcta utilización de estiércol como un recurso puede ser muy beneficioso, sin embargo, el uso, inadecuado puede tener consecuencias ambientales nefastas que ponen el aire, agua y los recursos del suelo en situaciones de riesgos (Nebraska-Lincoln., 2009 y Acevedo *et al.*, 2017).

3.14 Agricultura convencional

En el mundo se encuentra gran cantidad de sistemas de producción agrícola, tales como sistema intensivo de cultivos, agricultura migratoria, agrosilvicultura y muchos otros. En la agricultura convencional el suelo es frecuentemente considerado solo como un substrato que proporciona apoyo físico, agua y nutrientes a las plantas y se asume que los agricultores deben suplementar todas las necesidades de la planta, tales como nutrientes, protección y agua como insumos provenientes del externo de ese sistema.

- Si un suelo es deficiente en algún nutriente, se aplica fertilizantes.
- Si un suelo no almacena suficiente agua de lluvias, se proporciona un riego.
- Si el suelo es compacto y no permite la penetración del agua, se usan implementos como el arado de cincel para provocar la apertura.
- Si ocurre alguna plaga o enfermedad, se aplica unos pesticidas.

Algunas de estas prácticas pueden ser necesario bajo condición específica y con planificación, supervisión y manejo adecuado. Sin embargo, algunas prácticas de uso común pueden conducir a serios problemas para el ser humano y el ambiente (Tabla 4).

Tabla 4 Prácticas comunes y sus consecuencias en la agricultura convencional (FAO., 2002).

Prácticas comunes	Consecuencias
Remoción o quemado de residuos de cultivos.	Perdida de fertilidad de suelo y disminución de los rendimientos
Aradas y rastreadas continuas	Erosión
Sobre pasteo	Mayores riegos de sequías he inundaciones
Deforestación	Inseguridad alimentaria y riesgos sanitarios
Monocultura	Contaminación de las aguas superficiales y subterráneas.
Excesivo uso de fertilizantes	Contaminación y degradación de suelos
Uso incorrecto de pesticidas	liberación de gases de invernadero
Uso incorrecto del agua	Invasión de plagas

En la agricultura convencional, la labranza se considera una de las operaciones más importantes para crear una estructura favorable del suelo, preparar el lecho de las semillas y controlar las malezas (FAO., 2002).

3.15 Suelo

Las propiedades físicas del suelo son factores que determinan la disponibilidad del oxígeno y movimiento de agua en el mismo, condicionando las prácticas agrícolas a utilizarse y producción de cultivos. Sin embargo, estas propiedades no escapan a los efectos producidos por distintos tipos de labranza, originándose cambios en el ambiente físico del suelo. Tiene importantes repercusiones en su calidad bioquímica y por lo tanto en su fertilidad (Hernández., 2000 y López, *et. al.* 2010)

3.16 Fertilizantes convencionales nitrogenados

Unos fertilizantes nitrogenados de uso convencional en la agricultura son el sulfato de amonio, nitrato de amonio, urea, DAP y MAP, donde destaca la urea cuyo consumo supera a todos los demás juntos.

3.17 Ciclo del nitrógeno

La fuente primaria de nitrógeno es la atmosfera, con un 79% de nitrógeno de forma molecular (N_2), su incorporación al suelo significa la entrada en un subsistema bastante complejo en el que está sujeto a un conjunto de transformaciones y procesos de transporte que puede en algún momento desembocar en el agua freática.

De forma muy esquemática, las “entradas” de nitrógeno mineral al suelo se producen desde la atmosfera a través del agua de lluvia, en forma de amonio o de óxidos de nitrógeno disueltos o, también, a través de la fijación bacteriana.

El conjunto del amonio presente en el suelo, procedente de amonificación o apartado al suelo como fertilizante en esta forma, sufre dos procesos de oxidación sucesivos que están producidos por dos grupos de bacterias muy específicas. En el

primero, las “nitrosomas” oxidan el amonio a nitritos (NO_2^-); en el segundo, las “nitrobacter” oxidan los nitritos a nitratos (NO_3^-). A este proceso en su conjunto se le denomina “NITRIFICACION”, y las bacterias que participan son muy abundantes en todos los suelos (Andreu *et al.*, 2006) como se muestra en la (Figura 1).

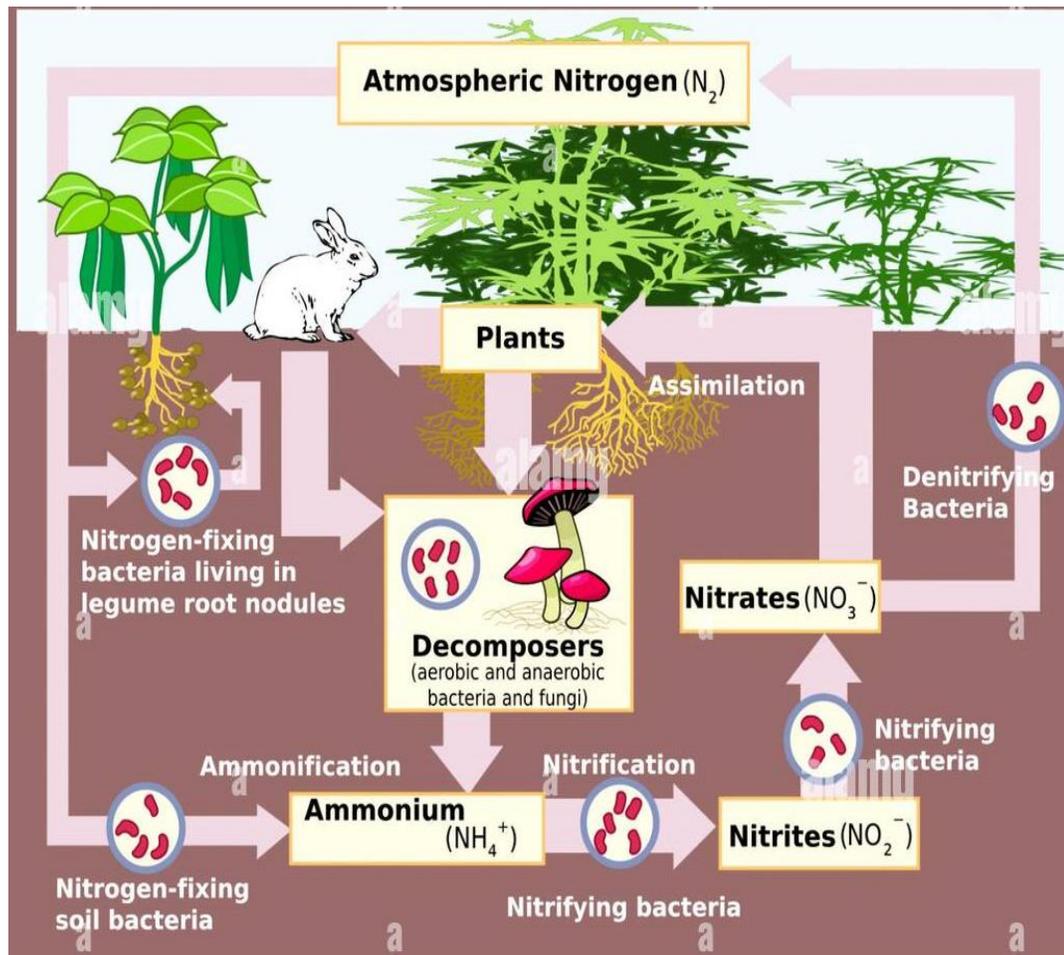


Figura 1. Ciclo del nitrógeno.

3.18 Eficiencia de fertilizantes nitrogenados

En mundo, el arroz, trigo y maíz consumen al momento aproximadamente el 60% de N total empleado como fertilizantes. La eficiencia de uso del N, medida como la ganancia en producción de grano por unidad de nutrientes aplicado.

Aproximadamente el 50 % del nitrógeno mineral aplicado al suelo mediante fertilizantes es absorbido por los cultivos en el primer año (aún menos en suelos arenosos), una pequeña cantidad es incorporada a la materia orgánica estable y será estable más adelante. De forma que una parte importante se perderá, bien por volatilización o bien por lavado. Ahora bien, el efecto de los fertilizantes minerales puede predecirse mucho mejor en el tiempo que en de los aportes orgánicos (Andreu *et al.*, 2006).

3.19 Influencia del nitrógeno

El N influye en el rendimiento y también en la calidad, pues de él depende el contenido en proteínas del grano. Cuando la planta padece de deficiencia de N, disminuye el vigor, las hojas son pequeñas, las puntas de las hojas toman color amarillo.

La absorción del N tiene lugar, especialmente, en las cinco semanas que transcurren desde diez días antes de la floración hasta veinticinco o treinta días después de ella. Durante estas 5 semanas la planta extrae el 75% de sus necesidades.

3.20 Fertilizantes de lenta liberación

Los fertilizantes de liberación lenta (FLL) contienen uno o más nutrientes minerales de manera que se retrase su disponibilidad y uso para las plantas después de la aplicación o los nutrientes estén disponibles para la planta mucho más tiempo que aquellos derivados de la fertilización convencional (Bautista *et al.*, 2015).

El uso de materiales de lenta liberación se ha propuesto para ayudar a reducir la contaminación por exceso de N que nos es usado por el cultivo, disminuir el impacto en el ambiente y reducir costos en uso de dicho insumo, ya que estos por su liberación controlada puede aportar los nutrientes durante la etapa de crecimiento del cultivo, aumentando con ello la eficiencia de recuperación del N (Singh *et al.*, 2004 y Castro *et al.*, 2006).

3.21 Porque fertilizantes de lenta liberación.

Son aquellos fertilizantes a los que se le incorporan un estabilizador de nitrógeno, que permite extender el tiempo en que el componente nitrogenado (amonio o nitrato) del fertilizante permanece en el suelo.

- **Inhibidores de la nitrificación.** son compuestos que, cuando son agregados a los fertilizantes amoniacales, retrasan la transformación de los iones amonio (NH_4) retenidos por el complejo de adsorción a nitrito (NO_2) y posteriormente a nitrato (NO_3) a través de la actividad bacteriana del suelo; de este modo se previene la lixiviación del NO_3 no absorbido inmediatamente por el cultivo. Los inhibidores de la nitrificación sufren un proceso de degradación a partir del momento en que son aplicados, que dependen de la temperatura, pH, humedad y contenido de materia orgánica. La dicianidamida (DCD), nitrapirina, dimetil pirazol fosfato (DMPP), 1-amide-2-thiourea (ASU), 5-ethoxy-3-trichloromethyl-1,2,4-thiadiazole (Terrazole), 3-metil pyrazole (3MP) y neem son algunos de los inhibidores de la nitrificación que se utilizan.
- **Inhibidores de la ureasa.** Son sustancias que inhibe la hidrólisis de urea en sus componentes NH_4 y dióxido de carbono (CO_2), realizado por la enzima ureasa. Los inhibidores de ureasa reducen la transformación de la urea a amonio, reduciendo las pérdidas por evaporación de NH_4 en el aire cuando el tiempo permanece seco o la urea no puede ser incorporada en el suelo inmediatamente después de la aplicación. Los inhibidores de la ureasa son altamente ventajosas en suelos sensibles a las pérdidas de amonio por

volatilización. N-(n-butil), tiofósforo triamida (NBPT), fenil fosforodiamidato (PPD/PPDA) e hidroquinona son los inhibidores de la ureasa más extensamente estudiados.

Los inhibidores de nitrificación y de ureasa son más eficientes para uso en la agricultura en general y suelen proporcionar rendimientos mayores o mantiene el mismo nivel de rendimiento con dosis reducidas de nitrógeno comparado con fertilizantes nitrogenados que contienen estos inhibidores.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Localización geográfica

La Comarca Lagunera se encuentra conformada por las porciones surestes del estado de Coahuila y noreste del estado de Durango. Este territorio se ubica entre el meridiano 102° 00' y 104° 47' de longitud oeste, y los 24° 22' y 26° 23' norte. Comprenden quince municipios, de los cuales diez corresponden al estado de Durango y cinco al estado de Coahuila con un total de 48,887.50 kilómetros cuadrados. Esta región es regada por dos ríos interiores: el Nazas y Aguanaval. Las ciudades conurbadas de Torreón, Coahuila, y de Gómez Palacio y Lerdo, en Durango, constituyen el corazón de esta comarca lagunera (Figura 2). Su importancia como zona de intensa producción agrícola y pecuaria es bien conocida, y sus enormes cosechas de algodón.

La Comarca Lagunera se le debe su nombre a los cuerpos de agua, es decir, a las anteriormente existentes trece lagunas en el área, entre las que estaba la laguna de Mayrán, la más grande de Latinoamérica, que se alimenta de dos ríos, el Nazas y el Aguanaval (IICA-COFUPRO., 2010)

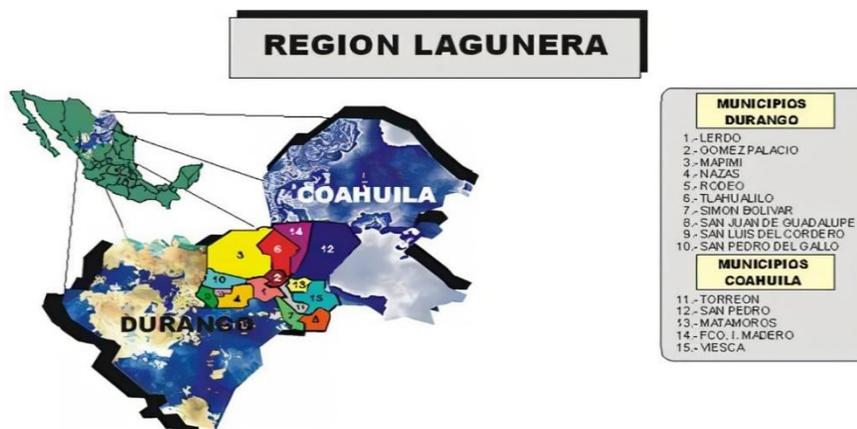


Figura 2. Municipios que conforman la Región lagunera.

4.2 Clima

La temperatura media anual es de 21°C con una máxima de 33.7 °C y mínima de 7.5 °C es de subtipos secos semicálidos; la temperatura media anual es de 20 a 22 °C y la precipitación media anual se encuentra en el rango de los 100 a 200 mm en la parte noreste, este y suroeste, y de 200 a 300 mm en la parte centro norte y noroeste; los vientos predeterminados tienen dirección sur con velocidades de 27 a 44 km/h. la frecuencia de heladas es de 0 a 20 días se presentan de noviembre a marzo y granizadas de 0 a 1 día en la parte norte-noreste, sur-oeste y de uno a dos días en la parte sureste.

4.3 Características edáficas.

Comarca lagunera cuenta con tres tipos de textura en suelos (Arena, Limo y Arcilla) y exceso de sales. Dando suelos de color amarillos, blancos y de firma contrates e imaginadas suelos castaños.

Los análisis aplicados a las muestras tomadas en campo, arrojan como resultados las siguientes órdenes: xerosoles, litosoles y vertisoles. Los suelos encontrados en las zonas de muestras son: xerosoles cálcicos en Lerdo y Mapimí (Dinamita y Ojuelo); vertisoles en Lerdo y Gómez Palacio además de litosoles.

Donde:

- **Xerosoles:** son suelos secos tienen una capa superficial de color claro sin embargo, debajo de esta capa puede un subsuelo rico en arcilla.
- **Litosoles:** suelos muy delgados de piedra, tienen una profundidad menor a 10 cm.
- **Vertisoles:** suelos con un alto contenido de arcilla, la cual se expande y se vuelve pegajosa cuando se encuentra en humedad y, en seco forman grietas anchas y profundas.

4.4 Hidrología.

La principal fuente abastecimiento son las aguas subterráneas que provén al 90% de las poblaciones. Debido a que el nivel de las recargas de los acuíferos es menor al nivel de extracción. Donde se provoca una sobre explotación haciendo que las reservas se vean menguadas.

En cuanto las aguas superficiales, el estado se divide en cuatro regiones hidrológicas y 16 cuencas hidrológicas.

La **región Bravo-Conchos (RH24)** cubre el 63.22% de la superficie del estado y cobija 6 cuencas. En esta región se encuentran las tres principales presas del estado: La Amistad, Venustiano Carranza y la Fragua.

La **región Mapimí (RH35)** cubre el 19.20% del territorio y cobija 4 cuencas: Valle Hundido, Laguna del Rey Laguna Guaje-Lipanes y el Llano-Laguna del Milagro.

La **región Nazas-Aguanaval (RH36)** cubre el 14.43% del territorio y cobija 3 cuencas: rio Nazas-Torreón, rio Aguanaval y laguna de Mayrán y Viesca.

La **región Río Salado (RH37)** cubre el 3.15%de del territorio y cobija tres cuencas: Sierra Madre Oriental, Matehuala y Sierra de Rodríguez.

En cuanto las agua subterráneas, el estado se divide en 28 zonas geohidrológicas (acuíferos), las cuales en general presentan una sobreexplotación, pero en ocho se presentan graves efectos de abatimiento y perdida de la calidad del agua, siendo estos: el del Cañón de Derramadero, el Hundido, Monclova, Paredón, La Pila, Saltillo-Ramos Arizpe, Región Manzanera-Zapalinamé, Región Carbonífera, Principal-Región Lagunera.

El agua en el Estado es destinado en un 43.67% para el sector agrícola, en un 42.73% para la generación de energía eléctrica, el 5.44% para el uso público y urbano y el 4.19% para la industria (INEGI-INAFED., 2018 y PARA TODO MEXICO., 2019).

4.5 Humedad relativa.

La humedad relativa es una medida de la cantidad de agua en aire, comparada con la cantidad de agua que el aire puede sostener a la temperatura existente. La humedad relativa se expresa en %; el rango va de totalmente seco (0%) a la saturación (100%) (Tabla 5).

Tabla 5 Promedio de temperaturas máximas, mínimas, medias, precipitación pluvial (PP) y humedad relativa (HR) de los meses de abril y octubre del 2007 a 2015 en la Región Lagunera.

Mes	Máxima	Mínima	Media	PP (mm)	HR (%)
2007					
Abril	31.8	13.1	23.3	1.6	26.8
Mayo	33.7	17.7	26.1	2	31.7
Junio	34.0	20.5	27.2	52.8	46.2
Julio	33.0	20.1	26.3	68.4	54.8
Agosto	33.7	21.6	27.8	3.8	45.4
Septiembre	32.6	19.6	26.3	22.8	49.7
Octubre	30.0	13.0	21.9	0	37.4
2008					
Abril	32.3	13.7	23.8	0	19.96
Mayo	34.3	19.4	27.0	12.2	34.38
Junio	35.3	21.2	28.5	27	38.28
Julio	35.3	22.7	29.3	4.2	36.67
Agosto	33.6	20.9	27.6	36.2	43.67
Septiembre	30.1	18.3	24.0	31.4	62.42
Octubre	29.5	16.1	22.6	32	53.88
2009					
Abril	31.7	14.3	23.4	12.4	32.43
Mayo	35.4	18.1	27.3	13.8	28.84
Junio	35.6	21.7	28.8	50.4	38.68
Julio	32.1	21.2	26.4	102.2	58.5
Agosto	35.1	22.0	28.9	2.4	40.59
Septiembre	31.9	19.4	25.6	69.8	55.21
Octubre	30.2	11.6	21.2	0	38.68
2010					
Abril	35.1	15.0	25.8	0	16.01
Mayo	35.4	18.0	27.2	0.6	22.5
Junio	36.3	21.5	29.8	0	27.94
Julio	34.4	22.1	28.4	0.8	40.24
Agosto	35.9	22.7	29.7	6.4	34.07
Septiembre	33.2	18.3	26.4	1.2	35.77
Octubre	30.9	14.2	22.7	0	34.17
2011					
Abril	33.6	16.3	25.5	0.6	23.37
Mayo	34.8	18.5	27.3	4.2	28.75
Junio	35.5	21.3	29.0	0.0	30.05
Julio	33.9	21.7	27.8	11.4	40.68
Agosto	35.0	22.0	28.8	6.0	36.40

Septiembre	31.1	18.2	24.9	76.4	49.89
Octubre	30.8	14.2	22.3	17.0	48.60
2012					
Abril	32.8	13.3	23.8	0.0	22.42
Mayo	33.7	17.2	25.9	2.4	28.71
Junio	35.9	22.1	29.5	16.0	33.21
Julio	32.9	21.1	26.9	23.6	47.16
Agosto	33.7	21.1	27.8	40.2	38.97
Septiembre	30.9	19.3	24.8	73.6	56.68
Octubre	30.0	15.3	22.5	67.8	52.42
2013					
Abril	32.4	14.4	23.9	0.0	21.56
Mayo	33.3	16.7	25.4	34.4	29.41
Junio	33.8	23.1	28.8	36.2	40.29
Julio	33.5	22.2	27.9	7.0	39.87
Agosto	33.7	21.2	27.7	18.6	42.62
Septiembre	31.4	19.6	25.3	54.2	52.49
Octubre	31.4	13.8	22.8	1.4	40.53
2014					
Abril	25.6	15.9	21.1	4.2	45.15
Mayo	32.2	20.0	27.1	6.6	31.40
Junio	30.0	21.1	25.2	8.0	54.96
Julio	30.4	22.6	26.1	47.6	47.51
Agosto	35.0	21.5	28.7	3.4	33.03
Septiembre	33.4	19.8	27.2	4.2	38.52
Octubre	30.3	15.9	23.3	13.0	46.82
2015					
Abril	25.6	15.9	21.1	4.2	45.15
Mayo	32.2	20.0	27.1	6.6	31.40
Junio	30.0	21.1	25.2	8.0	54.96
Julio	30.4	22.6	26.1	47.6	47.51
Agosto	35.0	21.5	28.7	3.4	33.03
Septiembre	33.4	19.8	27.2	4.2	38.52
Octubre	30.3	15.9	23.3	13.0	46.82

4.6 Localización del área experimental

El experimento se estableció en el subciclo de verano de 2019, del área agrícola de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. Se localiza en las coordenadas $25^{\circ} 27' 2.46''$ Latitud Norte y $103^{\circ} 18' 56.32''$ Longitud Oeste, donde se aprecia en la (Figura 3).

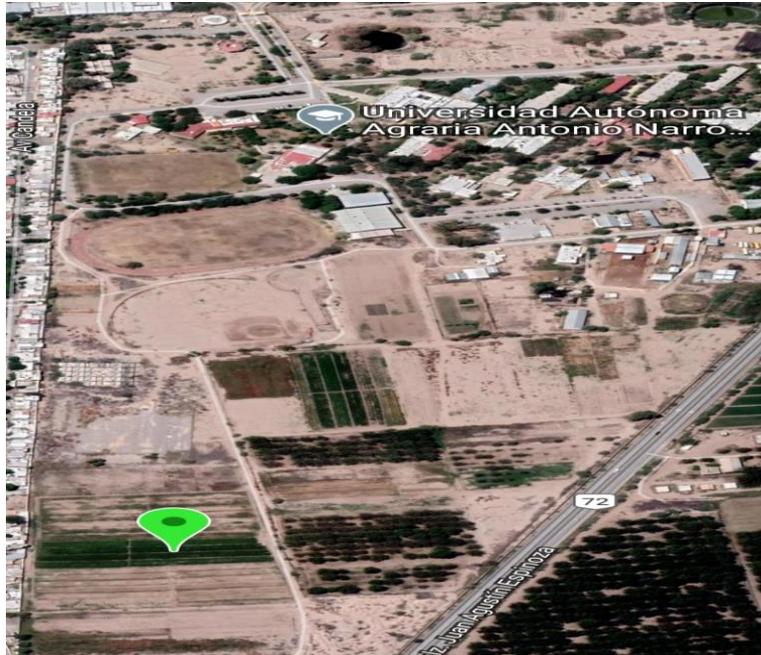


Figura 3. Ubicación del area experimental.

4.7 Características iniciales del suelo

Si hizo un muestreo de suelo antes de establecer el experimento, y se muestreo a dos profundidades que fueron de 0-30 cm esto con la finalidad de conocer las características físico-químicas del lugar donde se establecerá el experimento, donde se muestra la (Tabla 6).

Tabla 6 Resultados de los análisis de suelo obtenidos en la en la área que se estableció el proyecto de siembra.

Propiedades	Unidades	Clasificación
Textura		Franco-Arcilloso
Densidad aparente	1.19/cm ³	-
Materia orgánica	2.22 %	Mediano
CIC	24 meq/10)gr media	Medio
Fosforo	13.4 mg kg ⁻¹	Alto
Ph	7.88	Básico
CE	1.3 ms	Ligeramente alcalino
Mg	2.5 EDTA	Bajo
Carbonato	No hay presencia	-
Nitrato-nitrógeno	44.65	Muy alto

4.8 Factores de estudio

Para estimar la extracción nutrimental total del maíz forrajero se consideró que cada tonelada de maíz forrajero con el 33% de materia seca extrae 13.9 kg de nitrógeno (Figuerola et al., 2011).

Previo a la determinación de la dosis del estiércol por aplicar en los tratamientos correspondientes, donde se realizaron análisis químicos del estiércol (Tabla 7).

Los cálculos para determinar las cantidades de estiércol para aplicar en base a los rendimientos esperados de materia seca de cada tratamiento se realizaron con las siguiente formulas (Cueto et al., 200).

$$DN = DEM - SUM * EF$$

Donde:

DN: es la dosis de N requerido para una determinada meta de rendimiento en (kg ha⁻¹);

$$DN = (MR * Ne) - [(Nm + Ni + Nr) * Ef]$$

DEM: es la demanda de N en (kg ha⁻¹);

$$DEM = MR * Ne.$$

MR: es la meta de rendimiento de materia seca en (kg ha^{-2}).

Ne: es la cantidad de N en una tonelada de materia seca en (kg ton^{-1}).

SUM: es la cantidad de N disponible antes de la siembra en (kg ha^{-1});

$$SUM = (Nm + Ni + Nr).$$

Nm: es el N inorgánico proveniente de la mineralización de la materia orgánica del suelo en (kg ha^{-1}).

Ni: es el N inorgánico en el suelo antes de la siembra en (kg ha^{-1}).

Nr: es el N que se estima, se mineraliza de los residuos del cultivo anterior (kg ha^{-1}).

Ef: es la eficiencia de recuperación del N inorgánico, en (%).

EFN: es la eficiencia de recuperación del fertilizante en los tratamientos con fertilización química.

Finalmente.

$$DE = DN/NE * NME * EUN$$

DE: Dosis de estiércol en base seca por aplicar en (ton ha^{-1})

NE: es el contenido de N en el estiércol en [kg ton^{-1}].

NME.: es la tasa de mineralización del N expresada como fracción de la unidad.

EUN: es la eficiencia esperada de recuperación del N en estiércol expresada como fracción de la unida.

Tabla 7 Características químicas del estiércol de bovino.

	Corral.
Materia seca (%)	83
Nitrógeno total (NT, %)	1.12
Carbono orgánico (CO, %)	15.15
Fosforo total (P, %)	0.28
Potasio total (K, %)	0.84
Calcio total (Ca, %)	1.19
Magnesio total (Mg, %)	0.33
Sodio total (Na, %)	0.19
Ácidos húmicos (%)	6.27
Ácidos fúlvicos (%)	3.92

4.9 Genotipo

Es el híbrido P3201 de (PIONEER). Es un híbrido subtropical que se adapta a climas cálidos y templados, combina con rusticidad y rendimiento, excelente para doble propósito. Es un híbrido intermedio precoz con días de floración de 70 a 75 días.

4.10 Modelo estadístico y diseño experimental

El diseño experimental que se empleó fue de tipo factorial de dos factores.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + V_j + D_k + (VD)_{jk} + \epsilon_{ijk}$$

Donde.

Y_{ijk} : es la observación de la variedad j en la densidad k en el bloque i .

μ : es media verdadera general.

β_j : es el efecto de bloque i .

V_j : es el efecto de la variedad j .

D_k : es el efecto de la densidad k .

VD_{jk} : es el efecto de la interacción de la variedad j y densidad k .

ϵ_{ijk} : es el error experimental.

4.11 Parcela experimental.

La parcela consiste en seis melgas con 10 metros de ancho y 100 metros de largo; en cada melga se sembraron 12 surcos de una distancia de .76 m. las parcelas útiles fueron de 10 m de ancho y 20 m de largo (Tabla 8).

Tabla 8 Representación de los tratamientos de las parcelas.

Agricultura convencional			Agricultura de conservación		
Rep1	Rep2	Rep3	Rep1	Rep2	Rep3
E	YI	U	E	YI	U
U	E	YI	U	E	YI
YI	U	E	YI	U	E

Significado donde:

E= Estiércol.

U= Urea.

YI= Yara de lenta liberación.

4.12 MANEJO AGRONÓMICO DEL TERRENO

4.12.1 Preparación del suelo para (At) y (Ac)

La preparación del campo experimental se dividió en dos labranza tradicional y labranza de conservación. Lo primero que se realizó fue un barbecho de .30 m, seguida con por un paso de rastra y para la labranza de conservación nada más se fue poco movimiento del suelo (Rastra), después el marcado de bordearía se realizó con una bordeadora quedando la distancia de bordo a bordo de 10 m de ancho y 100 m de longitud, se hizo una nivelación del campo experimental (Figura 4).



Figura 4. Preparacion con de la parcela experimantal con barbecho.

4.12.2 Siembra

Se realizó en el ciclo 2019, se realizó la siembra en seco el 10 de Julio, se utilizó un tractor con una sembradora de precisión GASPARDO de 4 hileras, la distancia de surcos fue de 0.76 m y distancia de planta a planta fue 12 cm, dando 8 semillas por metro lineal (Figura 5 y 6).



Figura 5. Sembradora de la marca GASPARDO de precisión de cuatro hileras.



Figura 6. Siembra del cultivo del maíz, con sembradora de precisión de la marca GASPARDO.

4.12.3 Fertilización

Se hicieron diferentes tipos de aplicaciones con tres tipos de abonos (estiércol, urea y un producto de Yara de lenta liberación). La aplicación del estiércol se realizó después que las tendidas quedaran niveladas y para la incorporación del estiércol se le dio una rastra. Para la incorporación de los químicos, la urea se aplicó en dos etapas en maíz y con un riego en cada aplicación para evitar la volatilización del nitrógeno en la urea, el de lenta liberación se aplicó todo en la siembra. En la siguiente figura se muestra la dosificación de lo de los fertilizantes químicos (Figura 7).



Figura 7. Dosificación de los fertilizantes químicos.

El estiércol se aplicó el 100% antes de la siembra, al abono químico de lenta liberación también se aplicó el 100% en la siembra y la urea se hizo en dos aplicaciones, primero el 30% en la siembra después un riego para el sellado y después al 70% seguido de un riego, ya que gasifica rápidamente el nitrógeno y se pierde (Figura 8).



Figura 8. Aplicación de fertilizantes químicos YARA y Urea.

4.12.4 Riegos

El calendario de riego se empezó aplicar al segundo día después de la siembra. Como se muestra en la (Tabla 9).

Tabla 9 Calendario de riego del 10 de julio al 16 de septiembre del 2019.

Riego	Fecha	Días después de siembra
Riego de emergencia.	10 de julio	2
Primer riego auxiliar	03 de agosto	24
Segundo riego auxiliar	25 de agosto	46
Tercer riego auxiliar	16 de septiembre	68

4.12.5 Control de malezas

Se realizó mediante herramientas manuales, ya que no se utilizaron químicos, ni maquinaria agrícola.

4.12.6 Control de plagas

Durante el ciclo verano 2019 se presentó el gusano cogollero he insectos chupadores (chinchas) que se combatieron con una aplicación de dosis de proclain 5GS 100 ga/ha, muralla 250 ml/ha, Acidex 250 ml/ha y COAi 250ml/ha. Se aplicaron trampas de feromonas para controlar estado adulto del gusano cogollero. Las cuales se pusieron siete días después de la siembra, la cual la duración de cada feromona son de 30 días, abarca 25 metros a la redonda por feromona. (Figura 9).



Figura 9. Colocacion de feromonas.

4.12.7 Cosecha

La cosecha se realizó en 12 octubre del 2019 cuando el cultivo presenta un estado del 33% de materia seca (Figura 10). Para la evaluación de rendimiento del forraje verde se cosecharon todas las plantas de los dos surcos seleccionados por los 20 metros de longitud o el resultado de una superficie de 15.2 m² o 40 m lineales. Se pesaron todas las plantas de las muestras en una báscula de resorte de 50 kg.



Figura 10. Cosecha de con maquina enciladora.

4.13 Variables evaluadas

Las variables que se evaluaron fueron rendimiento de peso verde, peso seco, energía neta de lactancia, fibra detergente acida, fibra detergente neutro, carbohidratos no fibrosos, nutrientes totales digestibles, almidón y proteína.

4.14 Rendimiento de forraje verde

Para la evaluación del rendimiento del forraje verde se cosecharon todas las plantas contenidas en dos surcos por los 20 metros lineales resultando una superficie de 15.2 m² o 40 m lineales. Para ello se pesaron las plantas utilizando una báscula mecánica de resorte de 50 kg.



Figura 11. Muestras para evaluar rendimiento y calidad de forraje.

4.15 Rendimiento en seco

Para estimar el rendimiento de la materia se cosecho tres plantas homogéneas por tratamiento, lo cual se cortaron en trozos y se echaron en bolsas de papel para evitar la podrición de la muestra se pesaron en verde en una báscula digital de 5kg como se muestra en la. Para determinar el peso en verde se dio un pre-secado antes de meterlas a la estufa. El secado final en la estufa a una temperatura de 75 °C, por un tiempo de 72 horas. Posteriormente se toma el peso seco y con diferencia del peso verde de las muestras se calcula el porcentaje de materia seca, para la obtención de materia seca se multiplica el rendimiento en verde por materia seca contenida.

4.16 Calidad del forraje

Para sacar la calidad del forraje, se tuvo que pasar por un proceso en el cual consta en que las muestras que se secaron en la estufa, se molieron, pasaron por un tamizado y después se mandaron hacer su respectivo análisis en el laboratorio para determinar la calidad del forraje. Para los análisis bromatológicos se envió una muestra a un laboratorio particular en donde se determinó proteína cruda (PC), fibra

detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA), fibra detergente neutro libre de cenizas y cenizas con química húmeda. Los carbohidratos no fibrosos (CNF), nutrientes totales digestibles (NTD) y energía neta de lactancia (ENL). (Figura 12).



Figura 12. Trituración y tamizado de la materia seca para la obtención de las calidas de maíz forrajero.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Evaluación de rendimiento de forraje verde (FV) y forraje seco (FS).

En la evaluación de rendimiento en el ciclo verano 2019 no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos (Tabla 10). Se obtuvo una producción media de 36,505 kg ha⁻¹ y 12,099 kg ha⁻¹ de forraje verde y seco. Una variación observada fue entre 33,441 a 42,157 kg ha⁻¹, Donde el tratamiento de agricultura tradicional con estiércol demostró un mayor rendimiento en forraje verde y seco, estos resultados se encuentran dentro de los rendimientos reportados por (Núñez et al., 2015) el cual reportó unos valores de rendimiento de forraje verde, que van de las 29.75 ton ha⁻¹ a 45.57 ton ha⁻¹ y con una variación de forraje seco que va de 12.17 ton ha⁻¹ a 18.75 ton ha⁻¹ con promedio de 15.75 ton ha⁻¹. Al igual como menciona (Buendía et al., 2020) que reportó unos rendimientos de forraje verde y seco. Que van de 47,474 a 49,628 kg ha⁻¹ de forraje verde y 12,641 a 12,733 kg ha⁻¹.

El tratamiento de agricultura de conservación con fertilización química fue el que obtuvo un menor rendimiento de 33,441 a 11,035 kg ha⁻¹ en forraje verde y seco. (SAGARPA., 2016) dio seguimiento al desarrollo establecido de maíz forrajero en el ciclo verano. He irrigados con el agua del sistema de presas del río Nazas, la fecha se tiene que el 87% de la hectáreas sembradas de maíz forrajero y reportó unos rendimientos que fluctúan entre las 36 y 42 ton ha⁻¹ de forraje verde. Y (Perales et al.,) menciona que en la agricultura de conservación evaluó en sus estudios con fertilización NPK y Zinc tuvieron una producción de 34,290 kg ha⁻¹ y 39,150 kg ha⁻¹ de forraje verde.

Tabla 10 Evaluación de medias por tratamiento para el rendimiento de (FV) y (FS) en (kg ha⁻¹).

Rendimiento (kg ha ⁻¹)		
Verano 2019		
Tratamientos	FV	FS
At (E)	42157a	13912b
At (Y)	39032a	12881b
At (Q)	36620a	12085b
Ac (E)	34208a	11289b
Ac (Y)	34537a	11397b
Ac (Q)	33441a	11035b

Dónde: (At) agricultura tradicional, (Ac) agricultura de conservación, (E) estiércol, (Y) Yara, (Q) químico, (FV) forraje verde y (FS) forraje seco.

5.2 Calidad de forraje.

Se realizó en verano del 2019, donde se encontró diferencia no significativa entre los tratamientos y parámetros calidad de forraje (Tabla 11). El tratamiento que obtuvo mejor respuesta en proteína cruda fue agricultura de conservación con fertilizante químico y el que menos obtuvo respuesta fue el de agricultura de conservación y con una media de 9.11% (PC). Fibra detergente acida el que mejor respuesta obtuvo fue el tratamiento de agricultura de conservación con fertilizante Yara y el de menos respuestas fue el agricultura de conservación, con media de fibra detergente acida de 22.039%(FDA). Fibra detergente neutro el que mejor tuvo repuesta fue el tratamiento de agricultura de conservación con fertilizante Yara y el de menos respuesta agricultura de conservación con estiércol, con una media de 41.22% (FDN). En carbohidratos no fibrosos en el mejor tratamiento fue agricultura de conservación con fertilizante químico y el de menos respuesta fue agricultura de conservación con fertilizante Yara y una media de 42.92% (CNF). Nutrientes totales digestibles el de mejor respuesta fue agricultura de conservación con estiércol y el de menor respuesta agricultura de conservación con fertilizante Yara, una media de

68.565% (NTD) y en energía neta de lactancia el mejor tratamiento fue el de agricultura de conservación con estiércol y el de menos respuesta fue agricultura de conservación con fertilización Yara y con una media de 1.24% de (ENL) como se ve en la (Tabla 11). Nuestros resultados obtenidos demuestran que estamos adentro de los rangos que menciona (Núñez et al., 2015) que van 6.75-8.15% de proteína curada, fibra detergente acida de 16.5-30.9%, fibra detergente neutro 27.5-51.0%, nutrientes totales digestibles 65% y energía neta de lactancia 1.33 a 1.6%. AL igual que (Buendía et al., 2020) reporto datos de calidad de forraje con dos tipos de fertilización estiércol de corral y fertilización química. Los rangos van de 8.6-9.31% de (Pc), 21.54-22.95% de (FDA), 40.03-42.55% de (FDN), 54.11-41.46% de (CNF), 69.31-67.72% de (NTD), 1.5-1.47% de (ENL).

Tabla 11 Evaluacion de medias de calidad de forraje. Pc, FDA, FDN, CNF, NTD, ENL.

Calidad de forraje.						
Trataminetos	PC	FDA	FDN	CNF	NTD	ENL
AC (E)	8.75a	19.56a	38.387a	45.003a	70.24a	1.52 ^a
Ac (Y)	9.26a	24.417a	44.51a	39.407a	66.75a	1.45667 ^a
Ac (Q)	9.30a	22.287a	38.813a	45.947a	70.043a	1.51667 ^a
At (E)	9.22a	22.46a	41.633a	42.213a	68.11a	1.48 ^a
At (Y)	8.91a	23.07a	40.57a	44.04a	68.643a	1.48667a
At (Q)	9.26a	20.44a	43.413a	40.943a	67.603a	1.47 ^a

Donde: (Ac) Agricultura de consevavion, (At) Agricultura tradicional, (E) Estiercol, (Y) Yara, (Q) Quimico, (PC) proteina cruda, (FDA) fibra detergente acida, (FDN) fibra detergente neutro, (CNF) carbohidratos no fibrosos, (NTD) nutrientes totales digestibles y (ENL) energia neta de lactancia.

VI. Conclusion

En base a los resultados obtenidos se llego a la siguiente conclusion :

Es factible establecer el cultivo de maiz forrajero utilizando la agricultura de conservacion, utilizando fertilizantes del cultivo sin afectar el rendimiento y calidad

La agricultura de conservacion es una alternativa que puede mejorar o solucionar los problemas generados por el excesivo laboreo del suelo y la disminucion de los gastos que se genera por la preparacion del suelo.

VII. LITERATURA CITADA.

- Acevedo-Peralta, A., I. Leones-Rodríguez, J., A. Figueroa-Viramontes, U. y Romo-Lozano, J., L. 2017. Política ambiental: uso y manejo del estiércol en la comarca lagunera, Acta Universitaria (30).
- Andreu, J.; Beltran, J.; Delgado, I.; Espada, J., L.; Gil, M.; Gutiérrez, M.; Iguácel F.; Isla, R.; Muños, F.; Orús, F.; Pérez, M.; Quílez, D.; Sin, E. y Yaagûe, M., R. 2006. Fertilización nitrogenada. Informaciones técnicas, centro de transferencia agroalimentaria. P. 197.
- Arellano, I., cruz, R. M. y Huerta, C. 2014. El estiércol, material de desecho, de provecho y algo más. P (40).
- Arreola, J.; Vega, C.; Navarro, E. y Burciaga, G. 1996. Potencial forrajero de híbridos de maíz (*Zea mays L*) en la comarca lagunera. Revista Agronomía mesoamericana 7(2). 88-92 pp.
- Aso, P. y Bustos, V. 1991. Composición química de los estiércoles. Avance Agroindustrial, 23-25.
- Augusto, V., C. 2010. Taxonomía y botánica de los cultivos de grano. UNAH. Serie de reproducción N° 1. Honduras.
- Ayvar, S., S.; Díaz, N., J., F.; Vargas, H., M.; Mena, B., A.; Tejeda, R., M., A. & Cuevas, A., Z. 2020. Rentabilidad de sistemas de producción de grano y forraje de híbridos de maíz, con fertilización biológica y química en trópico seco. *Terra Latinoamericana*, 38(1), 9-16.
- Bautista, C., A.; Cruz, D., G.; Rodríguez, M., M.,N. 2015. Efecto de bocashi y fertilizantes de liberación lenta en algunas propiedades del suelo con maíz. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. (6). Num. (1). Pp. 217-222.
- Benítez, A. 1980. PASTOS Y FORRAJES. QUITO ECUADOR.
- Boon, E., J., M., C.; Struik, P., C.; Engels, F., M. y Cone, J., W. 2012. Stem Characteristics of Two Forage Maize (*Zea mays L.*) Cultivars Varying in Whole Plant Digestibility. IV. Changes During the Growing Season in Anatomy and Chemical Composition in Relation to Fermentation Characteristics of a Lower Internode. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* 59 (1–2): 13–23
- Buendía, G., A. 2018. Producción de maíz forrajero con diferentes sistemas de estercolados en base al rendimiento esperado. Tesis. Doctorado. Universidad Juárez del Estado de Durango. (UJED).
- Buendía, G., A. Cueto, W., A., J. Luna, A., J. Valenzuela, G., J., R. Urbina, M., M., A. Trujillo, Z., I. 2020. Estudio sobre el manejo orgánico del suelo en el norte de México. Vol. (1). Num. (97). Pp. 73-77
- Callozos, S., R.; Neri, C., J., C.; Human, H., E.; Juárez, C., L., P.; 2018. Cultivo del maíz forrajero (*Zea mays L.*) en el distrito de Molinopampan-Chachapoyas-

- amazonas. Universidad Nacional Toribio de Mendoza de Amazonas (UNTM-A). Chachapoyas; Perú. 7p.
- Castro, L., I.; Gavi, R., F.; Peña, C., J.,J.; Núñez, E., R.; Etchevers, B., J.,D. 2006. Eficiencia de recuperación de N y K de tres fertilizantes de lenta liberación. *Terra latinoamerica*, 24(2), 277-282
- CIMMYT. 2020. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/que-es-la-agricultura-de-conservacion>
- Coll, H. A. y Godínez, L. 2003. La agricultura en México: un atlas en blanco y negro. México, D. F. Instituto de Geografía UNAM. I. 5.4 (No. S451 C64).
- DEINUM, B; STRUIK, P.C. 1986. Improving the nutritive value of forage maize. Breeding of silage maize. In Congress of the maize and sorghum section of EUCARPIA 1985. Wageningen) Proceedings. Ed. by. O. Dolstra; P. Miedema. Wageningen, Pudoc. p. 77-90.
- Derpsch, R. 1999. Historical review of no-tillage cultivation of crof. JIRCAS working reporte No. 13.
- FAO. 2002. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http://www.fao.org/tempref/agl/AGLW/ESPIM/CD-ROM/documents/6E_s.pdf
- Fassion, A., Ibañez, A., Fernández, E., Cozzolino, D., Pérez, O., Restaino, E., Pascal, A., Rabaza, C., Vergara, G. 2018. El cultivo del maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua. Instituto Nacional Investigación Agropecuaria (INIA).
- Flores, J. 1987. Manual de alimentación animal. México, Ciencia y Técnica. v.4, p. 915 –
- FONAG. 2010. Fondo para la protección del agua. http://www.fonag.org.ec/doc_pdf/abonos_organicos.pdf.
- García, G. O.; Figueroa, U.; Cueto, J. A.; Núñez, G.; Gallegos, M. y López, J. D. 2019. Disponibilidad de nitrógeno usando dos tipos de estiércol de bovino lechero en cultivos de maíz forrajero y triticale. *Rev. Nova Scientia*. 11(1):124-141 doi.org/10.21640/ns.v11i22.1709.968.
- Gonzales, C., N.; Silos, E., H.; Estrada, C., J., C.; Chávez, M., J., A. y Tejero, J., L. 2015. Características y propiedades del maíz (*Zea mays L.*) Criollo cultivado en Aguascalientes, México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. V.4, pp. 669-680.
- González, T., A.; Figueroa, V., U.; Delgado, A., J.; Núñez, H., G.; Cueto, W., J., A.; Preciado, R., P.; Palomo, G., A. 2009. Calibración de SPAD-502 para evaluar requerimientos de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra latinoamericana*. 27 (4).
- Greenpeace, 2000. El maíz en América Latina, contaminación de origen del maíz.

- Hernández, R.M. 2000. Efectos de la siembra directa y la labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de ultisoles en el Estado de Guarico-Venezuela. *Agronomía tropical* 50:19-29.
- IICA-COFUPRO. 2010. Programa de documentos de casos de éxito. <https://www.redinnovagro.in/casosexito/14coahuilaforraje.pdf>.
- INEGI. 2018. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx>.
- INIA. 2008. Utilización tradicional del maíz en las comunidades de Perú. Conservación *in situ* de los cultivos nativos y sus parientes silvestres. Lima, pero. p 16.
- INTAGRI. 2022. Fertilizantes de liberación controlada, lenta y estabilizada. www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/fertilizantes-de-liberacion-controlada-lenta-y-estabilizados.
- Izquierdo, B., A., R. 2012 Evaluación del cultivo del maíz (*Zea mays*.), como completo a la alimentación de bovinos de leche en épocas de escases de alimento. Camyabe-ecuador Tesis. Ingeniero. Universidad politécnica salesiana sede quito. Ecuador.
- Kurtz, B.; Gardner, C. A. C.; Millard, M. J.; Nickson, T. y Smith, S. C. 2016. Global access to maize germplasm provided by the US National Plant Germplasm system and by US Plant Breeders. *Crop Sci.* 56(3):931-941.
- Latournerie, L. Rodríguez, S., D.; Leon, H. y Padron, E. 1996. HETEROSIS Y APTITUD CONVIVATORIA, PARA RENDIMIENTO Y CALIDAD FORRAJERA, EN POBLACIONES DE MAIZ. *AGRONOMIA MESOAMERICANA*.
- López-Martínez, J., D. Vázquez-Vázquez, C. Salazar-Sosa, E. Zúñiga-Tarango, R. y Trejo-Escareño, H., I. 2010. Sistemas de labranza y fertilización en la producción de maíz forrajero. *Revista internacional de botánica experimental, IYTON*. Vol. 79. Pp, 47-54.
- Mahama, G. Y.; Prasad, P. V. V.; Roozeboom, K. L.; Nippert, J. B. and Rice, C. W. 2016. Response of maize to cover crops, fertilizer nitrogen rates, and economic return. *Agron. J.* 108(1):17-31.
- Meléndez, G., Soto, G. 2003. Taller de abonos orgánico, CIA. Sabanilla.
- Mendes, M., H., S.; Pereira C., H. y de Souza, J., C. 2015. Diallel Analysis of Maize Hybrids for Agronomic and Bromatological Forage Traits. *Acta Scientiarum - Agronomy* 37 (2): 1 4 1 – 1 4 6.
- Molina, M., V., M.; Molina, R., V., P.; Espinoza, A., J.,J.; Contreras, M., J., G.; López, V., A. 2020. Viabilidad técnica y económica del uso de calentador comercial de agua a base de biogás en establos lecheros. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas.* 11 (2). DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i2.2078>.

- Mora, R., S., G.; Gavi, R., F.; Tijerina, C., L.; Pérez, M., J.; Peña, C., J., J. 2014. Evaluación de la recuperación del nitrógeno y fósforo de diferentes fuentes de fertilizantes por el cultivo del trigo irrigado de aguas residuales y de pozo. Universidad Nacional de Colombia. Acta Agronómica, vol. (63). Num. (1).
- Nebraska, L., U. 2009. *Managing Livestock Manure to Protect Environmental Quality*(vol. 179).
- Núñez, H., G.; Anaya, S., A.; Faz, C., R.; Serrato, M., H. 2015. Híbridos de maíz forrajero con alto potencial de producción de leche de bovino. AgroFaz, vol. (63). Num. (1).
- Para todo Mexico. 2019. Hidrología del Estado de Coahuila de Zaragoza. <https://paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-coahuila-de-zaragoza/hidrologia>.
- Perales, G., M., V.; Alvarado, M., L., F.; Hermosillo, S., L., J. 2020 impacto de la agricultura de conservación y la aplicación de zinc en la rentabilidad sostenible de forraje de maíz-triticale en la comarca lagunera. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. (UAAAN-UL).
- Polanco, J. A. y Flores, M. t. 2008. Base para una política de I&D e innovación de la cadena de valor del maíz. Foro consultivo científico y tecnológico. Distrito Federal México. 246 p.
- Quespaz, R., L., F. 2016. Adición de contenido ruminal en la elaboración de silo de maíz forrajero para la utilización en la alimentación de ganado lechero del Centro Experimental San Francisco, Canton Huaca, Provincia del Carchi. Tesis. Ingeniero. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Tulcan, Ecuador. 115 p.
- SADER. 2020. Secretaria de Agricultura y Desarrollo Rural. <https://www.gob.mx/agricultura>
- SAGARPA. 2010. La producción de carnes en México. Claridades Agropecuarias. 207:19-33.
- SAGARPA. 2016. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, pesca y alimentación. <https://www.gob.mx/agricultura%7Cregionlagunera/articulos/sagarpa-analiza-el-ciclo-agricola-primavera-verano-2016-en-la-region-lagunera>.
- Sánchez, H., A., M.; Cruz, V., M.; Sánchez, H., C.; Morales, T., G.; Rivas J., A., M y Villanueva V., C. 2019. Rendimiento de forraje de maíces adaptados al trópico de México. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. Vol. 10 (3).
- SIACON. 2020. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon>.
- SIAP. 2017. Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. Agricultura. Producción anual. <http://infosiap.siap.gob.mx:8080/agricola-siap-gobmx/AvanceNacionalSinPrograma.do>.

- Singh, K., H. C. Sharma, C. S. Singh, Y. Singh, N. K. Nishizawa y S. Mori. 2004. Effect of polyolefin resin coated slow release iron fertilizer and its methods of application on rice production in calcareous soil. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50: 1037-1042.
- Solares, J., V., Z. 2003. Determinación del perfil vitamínico de cuatro materiales del maíz amarillo (*Zea mays L.*) con fines de alimentación animal. Tesis. Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 45p.

ANEXOS

Anexo A Análisis de varianza de forraje verde de maíz forrajero en kg ha⁻¹.
Verano 2019.

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	257270349.5	7	36752907.1	1.46	0.2818
Error	250935965.9	10	25093596.6		
Total	508206315.4	17			

C.V. 13.66225

R² 0.506232

Anexo B Análisis de varianza de forraje seco del maíz forrajero en kg ha⁻¹. Verano 2019.

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	1144888079	7	16355440	20.52	<.0001
Error	79696921	10	7969692		
Total	1224584999	17			

C.V. 17.82928

R² 0.934919

Anexo C Análisis de varianza para el contenido de energía neta de lactancia (ENL)
a cosecha de maíz forrajero verano 2019.

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	0.01245000	7	0.00177857	2.12	0.1362
Error	0.00840000	10	0.00084000		
Total	0.02085000	17			

C.V. 1.947329

R² 0.597122

Anexo D Análisis de varianza para el contenido nutrientes totales digeribles
(NTD) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	38.93488333	7	5.56212619	3.03	0.0548
Error	18.33156667	10	1.83315667		
Total	57.26645000	17			

C.V 1.974683

R² 0.679890

Anexo E Análisis de varianza para el contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	145.9934556	7	20.8562079	1.92	0.1691
Error	108.7767889	10	10.8776789		
total	254.7702444	17			

C.V 7.683378

R² 0.573040

Anexo F Análisis de varianza para el contenido de fibras detergente neutro (FDN) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.

FC	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	116.8599222	7	16.6942746	2.67	0.0775
Error	62.5216556	10	6.2521656		
Total	179.3815778	17			

C.V. 6.065904

R² 0.651460

Anexo G Análisis de varianza para el contenido de fibras detergentes acidas (FDA) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	53.25338889	7	7.60762698	1.95	0.1631
Error	38.01378889	10	3.90137889		
Total	92.26717778	17			

C.V. 8.962298

R² 0.577165

Anexo H Análisis de varianza para el contenido de proteína cruda (PC) a cosecha de maíz forrajero verano 2019.

FV	SC	GL	CM	F	P-Valor
Modelo	1.80195556	7	0.25742222	0.97	0.4986
Error	2.64588889	10	0.26458889		
Total	4.44784444	17			

C.V 5.643592

R² 0.405130