



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM TEMASCALTEPEC  
LICENCIATURA EN INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

---

---

**APLICACIÓN DE VERMICOMPOST EN MAÍZ CRIOLLO, COMO ALTERNATIVA  
PARA REDUIR EL USO DE FERTILIZANTES QUÍMICOS, EN EL PEÑON  
TEMASCALTEPEC MÉXICO**

**TESIS**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA  
AGRÓNOMA ZOOTECNISTA**

**PRESENTA:**

**MONSERRAT NOHEMI MORALES ULLOA**

**DIRECTORA:**

**DRA. FRANCISCA AVILÉS NOVA**

**TEMASCALTEPEC, ESTADO DE MÉXICO; JULIO 2021**

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> -----	4
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> -----	5
<b>II. OBJETIVO</b> -----	9
3.1. Objetivo general-----	9
3.2. Objetivos específicos-----	9
<b>III. HIPÓTESIS</b> -----	10
<b>IV. JUSTIFICACIÓN</b> -----	11
<b>V. REVISION DE LITERATURA</b> -----	12
6.1. Características del maíz-----	12
6.1.1. Partes del maíz-----	12
6.1.2. Grano de maíz-----	13
6.1.3. Variedades de maíz-----	14
6.2. Requerimientos nutricionales en el maíz-----	16
6.3. Importancia del maíz en la alimentación-----	17
6.3.1. Importancia del maíz en la alimentación humana-----	18
6.3.2. Importancia del maíz en la alimentación animal-----	21
6.4. Factores que determinan la productividad del maíz-----	23
6.4.1. Condiciones climáticas-----	23
6.4.2. Grado de maduración-----	24
6.4.3. Daños mecánicos-----	25
6.4.4. Impurezas-----	25
6.4.5. Humedad-----	26
6.4.6. Microorganismos-----	26
6.4.7. Preparación del terreno-----	26
6.4.8. Pluviometría-----	27
6.4.9. Riegos-----	27
6.4.10. Siembra-----	29
6.4.11. Recolección-----	30
6.4.12. Conservación-----	30
6.4.13. <b>Fertilización.</b> -----	31
6.5. Suelo apropiado para el cultivo-----	33

6.5.1 Degradación de los suelos para el cultivo de maíz.....	34
6.5.2. Fertilidad y calidad del suelo.....	35
6.5.3. Propiedades físicas .....	36
6.5.4. Propiedades químicas .....	36
6.5.5. Propiedades biológicas.....	37
6.6. La materia orgánica del suelo.....	40
6.7. Uso de abonos orgánico para la producción de maíz .....	42
6.7.1. Lombricultura .....	44
6.9. Aplicación de compost, vermicompost y fertilizantes químicos en el cultivo de maíz.....	48
6.10. Producción de maíz en Mexico .....	49
6.11. Rescate del maíz en México.....	52
6.12.1Diversidad de milpas .....	54
6.12.2. Los campesinos son generadores y custodios de la agrobiodiversidad .....	55
6.12.3. Las milpas son un medio para conservar la agrobiodiversidad .....	55
<b>VII. MATERIAL Y METODOS</b> .....	57
7.1. Ubicación de la unidad experimental .....	57
7.1.1. Materiales.....	57
• Fertilizantes: convencional y orgánico .....	57
7.1.2. Diseño experimental y tratamientos.....	60
7.1.3. Variables a evaluar.....	60
7.1.4. Análisis estadístico.....	61
VIII. RESULTADOS Y DISCUSION .....	62
8.3. Rendimiento del grano de maíz .....	63
<b>X. CONCLUSIÓN</b> .....	64
<b>X. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	65

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la aplicación de vermicompost: VCC de estiércol de caprino) sobre el crecimiento y rendimiento en el cultivo maíz. El maíz se cultivó a cielo abierto. Se evaluaron los tratamientos: T1) FC al 100%, T2) VCC (1.5 kg m<sup>2</sup>) y T3) VCC (3 kg m<sup>2</sup>). Las variables evaluadas fueron: Altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT) y rendimiento de grano. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones. El análisis de datos se hizo con ANDEVA y se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para la comparación de medias. El tratamiento con VCC (1.5 kg m<sup>2</sup>), presentó valores más bajos de AP, DT y rendimiento. El análisis de resultados sugiere que al aplicar AO se puede reducir el fertilizante convencional FC. La aplicación de vermicompost en dosis altas (3 kg m<sup>2</sup>), es posible igualar el rendimiento grano del maíz, comparado con el fertilizante convencional.

**Palabras clave:** Compost, vermicompost, fertilización combinada, fertilización convencional.

## I. INTRODUCCIÓN

En México, centro de origen, domesticación y diversificación del maíz (*Zea mays* L.), existen 59 razas de acuerdo con la clasificación más reciente basada en características morfológicas e isoenzimáticas (Sánchez et al., 2000), que representan un significativo porcentaje de las 220 a 300 razas de maíz existentes en el continente americano (Kato et al., 2009). Esta diversidad es producto de milenarias prácticas agrícolas vinculadas al conocimiento tradicional de los pueblos indígenas de México, principales herederos, custodios y mejoradores del germoplasma nativo (Mera-Ovando y Mapes-Sánchez, 2009; Turrent et al., 2010; Toledo-Manzur y Barrera-Bassols, 2008).

Desde el punto de vista alimentario, político, económico y social, el maíz es el cultivo más importante del país (SIAP, 2007). Basta con decir que el consumo per cápita de maíz en México es aproximadamente 10 veces mayor que el de Estados Unidos de América (Serna-Saldívar y Amaya-Guerra, 2008). Este cereal cubre poco más de la mitad de la superficie agrícola sembrada, con aproximadamente 7.5 millones de hectáreas (SIAP, 2011), principalmente en las zonas sub-húmeda tropical, templada húmeda y sub-húmeda (Mera-Ovando y Mapes-Sánchez, 2009).

De la superficie total sembrada con maíz, la mayor parte (80 %) es de temporal o seco (SIAP, 2011), fundamentalmente a cargo de más de 2 millones de productores a pequeña escala, quienes lo siembran sobre todo para autoconsumo (Mera-Ovando y Mapes-Sánchez, 2009). Más de la mitad de la producción nacional de maíz proviene de este sistema (Turrent et al., 2012), el cual también es conocido como de subsistencia porque contribuye significativamente a la seguridad alimentaria de los estratos rurales más pobres (Turrent et al., 2012). Es aquí en donde los maíces nativos se seleccionan, producen, conservan, diversifican y domesticar de acuerdo con las necesidades de las poblaciones locales (Turrent et al., 2010; Turrent et al., 2012).

Por su parte, los maíces mejorados (híbridos) son los que satisfacen en buena medida las necesidades de la agroindustria mexicana, y ocupan tan solo 20 % de la superficie total sembrada con maíz (SIAP, 2011). Se producen principalmente bajo sistemas de riego en el noroeste de México, en donde se registra un uso notable de agroquímicos.

Los abonos orgánicos, proveen nutrientes para las plantas de liberación lenta, retienen la humedad en el suelo, mejoran la condición del suelo, prevenir enfermedades de las plantas, aumentar el contenido nutricional de las plantas. El presente trabajo evaluará la aplicación de dos abonos orgánicos, lixiviado y la vermicompost en maíz forrajero para incrementar su rendimiento y calidad y como una alternativa para reducir el uso de los fertilizantes químicos.

El vermicompostaje es un proceso biológico y ecológico en el cual las interacciones entre las lombrices de tierra y los microorganismos conducen a la biooxidación y estabilización de los desechos orgánicos (Domínguez y Gómez-Brandón 2013). El vermicompost estimula, la actividad microbiana y la mineralización de los nutrientes del suelo para el consumo de las plantas; además contiene sustancias promotoras del crecimiento vegetal (vitaminas, hormonas, enzimas), por lo que aumenta la fertilidad y la calidad del suelo (Doan et al., 2015). El compost, al ser aplicado en una rotación de cultivos maíz-calabaza, tuvo un efecto positivo persistente sobre el rendimiento de los cultivos en tres años de aplicación (Olsen et al., 2015). Verma et al. (2014), señalan al compost y a los microorganismos benéficos como suplementos del suelo, derivando en múltiples beneficios para el cultivo del tomate, poniendo así de relieve la necesidad de reducir el uso de fertilizantes químicos en la agricultura. Doan et al. (2015), usaron estiércol de búfalo, compost y vermicompost. Encontraron que con el vermicompost aplicado al cultivo de maíz (bajo estrés por limitación de agua), hubo una mejora en el crecimiento y rendimiento. Otros efectos benéficos del vermicompost, fueron: reducir el agua de escorrentía, la disgregación del suelo y el N transferido al agua ( $\text{NH}_4^+$  y  $\text{NO}_3^-$ )

La lombricultura se concibe como una biotecnología que permite utilizar la lombriz de tierra con el propósito de reciclar desechos orgánicos de los cuales se alimenta, generando productos tales como: proteínas para la alimentación de animales domésticos, carne para pesca, como fuente de proteínas para la alimentación humana (harina y galletas) y para el enriquecimiento de los suelos, ya sea incorporándolas al suelo o adicionando el vermiabono, que son las excretas de las lombrices, lo cual se le denomina humus de lombriz, es de color negrozco, granulado, homogéneo y con olor agradable a suelo de bosque. Es uno de los abonos orgánicos de mejor calidad debido particularmente a su efecto de las propiedades biológicas del suelo.

Los fertilizantes químicos destruyen la friabilidad de los suelos. Los Fertilizantes químicos contienen ácidos, incluyendo los ácidos sulfúrico y clorhídrico. Estos ácidos se disuelven las “migajas del suelo”, el material que mantiene las partículas de roca juntas. Cuando estos materiales de cementación son destruidas, el resultado es una superficie compactada que impide que el agua de lluvia entre en el suelo.

Los fertilizantes químicos, debido a su acidez, matan a los “grandes aireadores” del suelo. Las lombrices de tierra son muy importantes para un suelo sano. Ellas están constantemente en todo el suelo, ventilando y depositando piezas de residuos ricos, ya que consumen materia orgánica. Rara vez, si acaso, se ven las lombrices de tierra en el suelo que ha sido tratada con fertilizantes químicos. Sin estas maravillosas criaturas, el suelo sufre de falta de aireación y la eliminación de los fertilizantes de origen natural

Los abonos orgánicos, proveen nutrientes para las plantas de liberación lenta, retienen la humedad en el suelo, mejoran la condición del suelo, prevenir enfermedades de las plantas, aumentar el contenido nutricional de las plantas. El presente trabajo evaluará la aplicación de dos abonos orgánicos, lixiviado y la vermicompost en maíz forrajero para incrementar su rendimiento y calidad y como una alternativa para reducir el uso de los fertilizantes químicos.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la aplicación de vermicompost de estiércol de caprino, sobre el crecimiento y rendimiento de maíz, que fue cultivado a cielo abierto y en las propiedades del suelo. Se evaluaron los tratamientos: T1) FC al 100%, T2) VCC (1.5 kg m<sup>2</sup>) y T3) VCC (3 kg m<sup>2</sup>): Las variables evaluadas fueron: Altura de la planta (AP), diámetro del tallo (DT) y rendimiento de grano. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, con cuatro repeticiones. El análisis de datos se hizo con ANDEVA y se aplicó la prueba de Tukey ( $p \leq 0.05$ ) para la comparación de medias. El proyecto fue desarrollado en el municipio de Temascaltepec que se localiza en la parte sur del Estado de México. En la comunidad de El Peñón, el cual tiene un clima templado subhúmedo.

## II. OBJETIVO

### 3.1. Objetivo general

Evaluar la aplicación del vermicompost ( $1.5 \text{ kg/m}^2$  y  $3.0 \text{ kg/m}^2$ ) en la producción del maíz criollo, como una alternativa para reducir el uso de fertilizantes químicos, en la comunidad de El Peñón, Temascaltepec México.

### 3.2. Objetivos específicos

Evaluar el rendimiento del maíz criollo en cuanto a:

- Altura de la planta (cm)
- Diámetro del tallo
- Rendimiento de grano (kg/ha)

### **III. HIPÓTESIS**

El maíz criollo cultivado en suelos fertilizados con vermicompost presentara mayores rendimientos respecto al maíz fertilizado convencionalmente.

#### **IV. JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo se elaboró con la finalidad de dar a conocer que los suelos fertilizados con vermicompost dan mejores rendimientos ya que también es importante dar a conocer que este aporta muchos nutrientes al suelo, así como a los cultivos así mismo evitamos el seguir contaminando nuestro medio ambiente ya que los químicos afectan tanto al cultivo como a los productores.

Ya que la demanda de alimentos es cada vez mayor, por lo que el hombre ha implementado el uso de tecnologías agrícolas modernas como la maquinaria pesada, acero para construir invernaderos y casas sombra, sistemas de riego de los más eficientes, como el riego por goteo, insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematocidas, así como fertilizantes químicos para proporcionarle a la planta los elementos nutritivos que demanda en cada una de sus etapas fenológicas. Con todas estas tecnologías se ha logrado incrementar los rendimientos de producción de un gran número de especies cultivadas en todo el mundo, pero ha traído consigo una serie de problemas ecológicos, sociales y económicos a nivel mundial, tanto para los consumidores como para los productores agrícolas

## V. REVISIÓN DE LITERATURA

### 5.1. Características del maíz

#### **Botánica**

Nombre común: Maíz

Nombre científico: *Zea mays*

Familia: Gramíneas

Género: *Zea*

La planta del maíz es de porte robusto de fácil desarrollo y de producción anual.

El maíz es originario del continente americano, fue cultivado por primera vez por los pueblos originarios del Eje Neovolcánico mexicano (Tehuacán) hace aproximadamente 10.000 años. Los olmecas y los mayas también lo utilizaban. Hace alrededor de 2.500 años se esparció por el continente entero, convirtiéndose en el alimento clave de las distintas culturas precolombinas. Además, sustentó una red de comercio basada en sus variedades y sus excedentes. Luego de la llegada de los conquistadores europeos, el maíz llegó a Europa y fue introducido así a otras regiones del mundo, dado que es una especie capaz de tolerar diversos climas.

#### 5.1.1. Partes del maíz

La planta del maíz **pertenece a la familia de las poáceas o gramíneas**, con un ciclo anual y tallos resistentes y erectos, que pueden alcanzar los dos metros y medio de altura. A lo largo del tallo **aparecen diversos entrenudos**, de los que brotan las hojas.

Esta planta se compone de:

- **Raíces.** Presenta dos tipos de raíz: las primarias y fibrosas que van bajo tierra, y las adventicias que brotan del primer nudo de la planta y son superficiales. Ambas permiten que se mantenga erguido el largo tallo.

- **Tallo.** Compuesto a su vez por tres capas: una epidermis impermeable y transparente, una pared vegetal por la que circula la savia y una médula de tejido esponjoso y blanco en donde se almacenan los azúcares.
- **Hojas.** Generalmente lanceoladas, largas y finas, alcanzando los 120 centímetros de longitud y los 9 centímetros de ancho.
- **Inflorescencias.** Se trata de las “flores” de la planta, distintas según el sexo de la misma:
  - **Masculinas.** Llamada panícula, panoja, espiga o *miahuatl*, consisten en un eje central y ramas laterales, en donde brotan florecillas que poseen tres estambres cada una, en donde se produce el polen necesario para fecundar a las hembras.
  - **Femeninas.** Llamadas mazorcas, son espigas cilíndricas dotadas de flores en hileras paralelas, provistas de ovarios en los que el polen germina, produciéndose así las semillas o granos que, al estar maduros, adquieren una textura bulbosa y coloración uniforme, siendo comestibles (Ilustración 1).



Ilustración 1. Morfología de la planta de maíz.

### 5.1.2. Grano de maíz

Cada grano de maíz en una mazorca es **un fruto totalmente independiente**, inserto en un eje o raquis cilíndrico, conocido como olote. A estos granos **se les llama carióspside** y pueden variar en su número y dimensiones, según la especie, creciendo en hileras a lo largo de la mazorca. Su color estándar **una vez alcanzada la madurez oscila entre blanco y amarillo**, pudiendo ser también violáceo o rojo en algún.



Ilustración 1. Mazorcas de maíz

### 5.1.3. Variedades de maíz

Existen numerosas especies de maíz, de las cuales destacan:

- **Maíz dulce.** Usado con fines gastronómicos debido a su alto contenido de azúcares.



Ilustración 2. Maíz dulce

***Maíz de harina.*** Su contenido en almidones lo hacen muy blando e idóneo para la molienda y elaboración de harinas.



Ilustración 3. Harina de maíz.

- **Maíz de corteza dura.** Variedad americana de granos extremadamente duros.



Ilustración 4. Mazorca de maíz de granos duros

- **Maíz reventador.** De granos regulares, propicios para elaborar palomitas de maíz (pochoclo, cotufa, etc.) sometiéndolos a cocción en seco.



Ilustración 5. Maíz palomero

- **Maíz rojo.** De coloración violácea, es endémico del Perú y se le usa para fabricar chicha. (botánica-online)



Ilustración 6. Mazorca de maíz rojo

## 6.2. Requerimientos nutricionales en el maíz

El maíz es una planta con capacidad de crecimiento rápido y alta producción que requiere cantidades considerables de nutrientes, necesita de tres elementos no minerales (carbono, hidrógeno y oxígeno), trece elementos minerales, de los cuales tres son considerados como primarios (nitrógeno, fósforo y potasio) y tres como secundarios (calcio, magnesio y azufre) el resto como micronutrientes (hierro, zinc, manganeso, cobre, molibdeno, boro y cloro). El nitrógeno es el primer nutriente limitante de la producción. A medida que aumenta la fertilización nitrogenada, el cultivo exige mayores cantidades de los otros elementos (Ciampitti y García 2007).

Los requerimientos (cantidad total de nutriente absorbida por el cultivo) y la extracción en grano de los nutrientes esenciales para producir una tonelada de grano de maíz (Tabla 1). Debe tenerse en cuenta que esta información resulta de numerosas referencias nacionales e internacionales y que existe una marcada variabilidad según ambiente y manejo del cultivo. Un cultivo de maíz de 12000 kg/ha de rendimiento necesita absorber aproximadamente 264, 48 y 48 kg/ha de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S), respectivamente.

Tabla 1 Requerimientos y extracción en grano de nutrientes para producir una tonelada de grano de maíz

<b>Nutriente</b>	<b>Requerimiento kg/ton</b>	<b>Índice de Cosecha</b>	<b>Extracción kg/ton</b>
Nitrógeno	22	0.66	14.5
Fósforo	4	0.75	3.0
Potasio	19	0.21	4.0
Calcio	3	0.07	0.2
Magnesio	3	0.28	0.8
Azufre	4	0.45	1.8
	g/ton		g/ton
Boro	20	0.25	5
Cloro	444	0.06	27
Cobre	13	0.29	4
Hierro	125	0.36	45
Manganeso	189	0.17	32
Molibdeno	1	0.63	1
Zinc	53	0.50	27

(Fernando O. García)

### 5.3. Importancia del maíz en la alimentación

El maíz es uno de los alimentos básicos más importantes que conoce el ser humano ya que en torno a él se pueden realizar gran cantidad de preparaciones así como también pueden obtenerse de él numerosos productos derivados (por ejemplo, harinas, aceites, etc.). Subsecuentemente, el maíz es altamente utilizado

como alimento de gran parte de los ganados que luego son consumidos o utilizados como productores de alimento, por lo cual su importancia es enorme. (importancia.org 2021).



Ilustración 7. Formas de uso del maíz.

### 5.3.1. Importancia del maíz en la alimentación humana

La importancia del maíz para el ser humano ha sido siempre muy clara. Mientras que en algunas regiones se conocen centenares de especies diferentes de maíz, en la mayor parte del planeta se consumen sólo un puñado que son los más comunes y los más accesibles a diferentes terrenos y climas.

El maíz es, junto al trigo y a otros cereales, uno de los alimentos básicos de toda la Humanidad ya que permite la generación de una gran variedad de preparaciones y platos que son tanto accesibles en términos económicos como ricos en energía y nutrientes. Por otro lado, el maíz es también altamente utilizado como alimento de ganado o de animales de los cuales se obtiene otros alimentos como la leche. De este modo, ya sea para consumo humano o animal la producción del maíz es importantísima para numerosos países y regiones que la generan para consumo interno o que la exportan a aquellas regiones en las que el maíz no puede crecer.

Para nosotros el uso práctico más importante de esta planta es la alimentación. Se puede cocinar entero o utilizar los granos como ingrediente de diversos platillos. Para hacer comida a partir del maíz cosechado éste se seca y después se

almacena, tiempo después los granos secos se transforman en polvo con ayuda de un mortero y se pueden hornear para hacer toda una variedad de panes, tortillas o sémola. Muchos países latinoamericanos consumen productos a base de masa de maíz, como sustituto del trigo. El valor nutricional que tiene es muy alto, pues proporciona vitaminas, hidratos de carbono, calcio, fósforo y potasio. Pero la alimentación no es lo único, este recurso es apreciado en el mundo entero debido a la cantidad de productos que se derivan de él. Algunos de sus usos más comunes comprenden la fabricación de aceite de cocina, que es muy económico. De la hoja seca se hacen fibras para tejer canastas, sombreros, tapetes y adornos o bien, puede servir como forraje para alimentar al ganado o incluso, como papel para cigarrillos. Los olotes, que son los restos de las mazorcas, son utilizados para el diseño de artesanías o como composta. Se considera además que las barbas de choclo o pelos de elote, tienen propiedades medicinales y son utilizados para el tratamiento de padecimientos renales, el control de la presión alta, la reducción de los niveles de colesterol y para algunas molestias digestivas.

Por si fuera poco, sus grandes propiedades permiten utilizarlo como biocombustible, que es empleado como carburante, e incluso la proteína, mejor conocida como zeína, puede mezclarse con algún plastificante y formar con ello polímeros comestibles y gomas de mascar.

El maíz también es importante porque facilita la siembra de otras plantas como la calabaza o el frijol. Al cultivarse en la misma parcela o milpa, hay un intercambio de propiedades entre ellas, lo que enriquece su valor nutricional. Incluso, los nativos americanos llamaban a estas especies “las tres hermanas” y creían que no debían ser separadas para no enojar a los dioses.

Debido a su versatilidad y propiedades alimenticias, esta planta es, sin lugar a dudas, una de las mejores aportaciones de Mesoamérica para el mundo. (importancia.org 2021)

En forma de tortilla, como parte de una sopa o un postre, y hasta como bebida, **el maíz** es un alimento ancestral de la región mesoamericana: hay registros de su existencia desde el año 7,000 antes de Cristo. Hoy por hoy, el maíz sigue siendo uno de los pilares fundamentales de la alimentación de los pueblos de América. A nivel mundial es el tercer **cereal** de mayor importancia en la nutrición humana, de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).

Actualmente, el maíz, constituyen la fuente del 40% de los alimentos del mundo y cerca de 25% de las calorías que se consumen en los países en desarrollo. En México existen 22,000 diferentes tipos de grano, de los cuales, 21,200 son registros sistematizados de diversas razas de maíz criollo, de acuerdo con la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Semarnat). Esta planta de la familia de las gramíneas es rica en hidratos de carbono, proteínas, fibra, grasas, betacarotenos y vitaminas del grupo B (B1, B3 y B9), nutrimentos que, en conjunto, lo convierten en un alimento que aporta energía, que favorece la digestión y que tiene propiedades **antioxidantes** (recordemos que los antioxidantes permiten eliminar los llamados radicales libres, responsables del envejecimiento celular y de que se desarrollen enfermedades, incluso, como el cáncer). Su versatilidad, precio accesible y características nutrimentales lo convierten en el alimento ideal para niños y deportistas y, por si fuera poco, las personas con alergias o intolerancia al gluten lo pueden consumir si ningún problema. Si bien su principal componente es el **almidón**, la cantidad de maíz recomendado al día dependerá de tu actividad física, peso y talla, así que no tengas miedo a subir de peso. Amarillo, blanco, rojo o negro, y bajo la presentación que más te guste, el maíz no debe faltar en tu mesa. (Nonantzin Martínez 2010)



Ilustración 8. El maíz en la alimentación humana

### 5.3.2 Importancia del maíz en la alimentación animal

La cosecha de maíz, como grano seco, tiene sus inconvenientes en el sudeste de la provincia de Buenos Aires. “La falta de condiciones climáticas adecuadas durante el otoño conspiran para obtener secado natural” comentó Gustavo Depetris, investigador del INTA Balcarce, y continuó, “es por esto que la cosecha se atrasa, y el cultivo continua en pie todo el otoño y el invierno”. El profesional explicó que este aspecto hace que el cultivo sea levantado en agosto o septiembre, a veces con una humedad de cosecha que no es la conveniente. El grano no alcanzará el rango de humedad de recibo, entre el 14% y el 16%, sino que superará el 20%. El investigador enfatiza que con esta humedad, el maíz es muy difícil de conservar.

“Teniendo en cuenta esta información, podemos pensar en utilizar el cultivo de maíz en alimentación animal, tanto de bovino para carne como para leche”, dijo Depetris, y agregó, “dentro de las alternativas que tenemos para transformar el maíz en un material apto para su aprovechamiento es: corta picarlo y ensilarlo como planta entera, cosecharlo como grano húmedo o dejarlo y cosecharlo como grano seco”. El investigador manifestó que la utilización de ensilaje de maíz permite, no sólo cosechar un mayor volumen de forraje, sino también agregar fibra a la ración de los animales. Agregó que el momento de picar la planta es cuando alcanza entre un 34% a un 40% de materia seca. También comentó que este rango puede variar dependiendo del híbrido y de las condiciones ambientales. Por otra parte, explicó que hay ciertas prácticas necesarias como la utilización del

“cracker” para procesar el grano y mejorar la digestibilidad. Este método se hace más importante cuando el grano está más seco y duro.

“Otra opción para utilizar el maíz en la alimentación animal sería cosecharlo como grano húmedo”, aseveró Depetris, y comentó, “cuando el grano ya llegó a 35% de humedad, ya no hay más depósito de almidón y, a partir de este momento, empieza a perder humedad. Entre el 25% y el 35% de humedad se podrá cosecharlo como grano húmedo y ensilarlo”. El profesional puntualizó que las ventajas, respecto de cosechar al maíz como grano seco, es la mayor digestibilidad ruminal, con lo cual aporta más energía al animal. Por otra parte, explicó, que, con este sistema, el potrero se libera rápidamente para poder ser utilizado en la siembra de los cultivos de invierno. Sin embargo el investigador aclara que “hay desventajas que debemos que tener en cuenta como su conservación. Hay que tener más cuidado porque algunas condiciones, como la rotura de la bolsa puede hacer que el material fermente, con la consiguiente pérdida”, y continuó, “también, a causa de su mayor digestibilidad a nivel ruminal, hay que tener mucho más cuidado en el suministro. Hay más posibilidad de tener problemas de acidosis, cuando la incorporación en la dieta es en alta proporción”. Para finalizar Depetris dijo “con respecto a la utilización del grano seco en la dieta de los animales, las recomendaciones que siempre se dan es tratar de partirlo. De hacer algún tipo de procesado, molido o partido, para mejorar la disponibilidad y hacerlo más digestible”, y finalizó, “lógicamente, esto va a depender de la proporción que estemos dando en la dieta y, también, del tipo de sistema”. (Gloria KASPAR).



Ilustración 9. El maíz en la alimentación animal

#### 5.4. Factores que determinan la productividad del maíz

La calidad del grano del maíz puede caer durante el desarrollo del cultivo por factores ambientales como la temperatura o la humedad. También puede pasar en el momento de la cosecha y la postcosecha, dependiendo de las condiciones de secado, almacenado y transporte.

Los daños que presente serán fácilmente visibles, haciendo que esto afecte su comercialización, uso y procesamiento. Estas anomalías en todo el grano, o en alguna de sus partes, son alteraciones externas o internas que se dan como resultado de diferentes variantes y afectan su cobertura o su química. (FOA y CIMMYT-2018)

##### 5.4.1. Condiciones climáticas

La sequía hace semillas más livianas, menos vigorosas y con menos potencial para ser almacenadas. El exceso de agua hace que los granos se deterioren con mayor rapidez.

El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación en la semilla la temperatura debe situarse entre los 15 a

20°C El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de los 30°C pueden aparecer problemas serios debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C.



Ilustración 10. Sembradío de maíz.

#### 5.4.2. Grado de maduración

Una semilla que ya alcanzó su máximo vigor o que está en proceso de deterioro tiene menos potencial de almacenamiento.

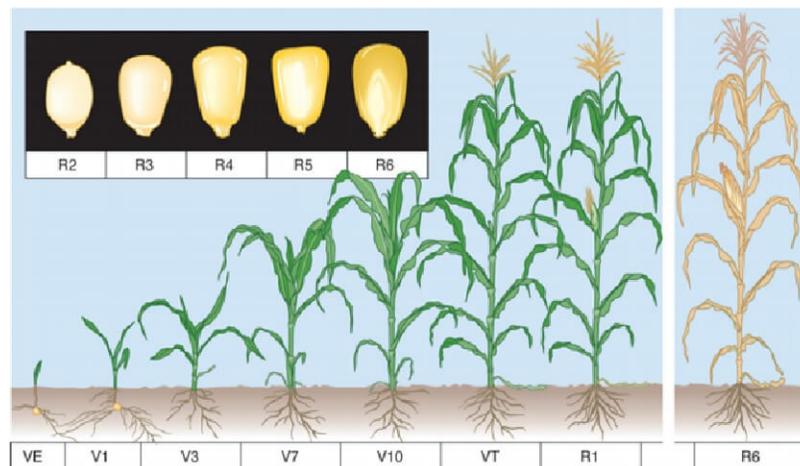


Ilustración 11. Grados de maduración de la planta y grano de maíz.

#### 5.4.3. Daños mecánicos

Las grietas o fragmentaciones pueden darse a causa del desgranado en la cosechadora, caídas desde diferentes alturas, soportar peso encima de ellos, o por el transporte a granel sin una buena supervisión.



Ilustración 12. Granos de maíz dañados

#### 5.4.4. Impurezas

Los fragmentos del mismo producto, otros residuos vegetales y cuerpos extraños, portan microorganismos que facilitan el deterioro del grano, dificultan su secado, así como los procesos de aireación y fumigación. Además, causa una reducción en el precio de compra.



Ilustración 13. Granos de maíz con impurezas.

#### 5.4.5. Humedad

Los granos húmedos constituyen un medio ideal para el desarrollo de microorganismos, insectos y ácaros.



Ilustración 14. Granos de maíz dañados con insectos

#### 5.4.6. Microorganismos

Los hongos son los que más pueden atacar a los granos y son la primera causa de pérdida durante el almacenamiento. Pueden hacerlo antes de la cosecha o durante su almacenamiento. (FAO Y CIMMYT 2018).



Ilustración 15. Granos de maíz dañados con hongos.

#### 5.4.7. Preparación del terreno.

La preparación del terreno es el paso previo a la siembra. Se recomienda efectuar una labor de arado al terreno con grada para que el terreno quede suelto y sea capaz de tener cierta capacidad de captación de agua sin encharcamientos. Se pretende que el terreno quede esponjoso sobre todo la capa superficial donde se

va a producir la siembra. También se efectúan labores con arado de vertedera con una profundidad de labor de 30 a 40 cm. En las operaciones de labrado los terrenos deben quedar limpios de restos de plantas (rastros).



Ilustración 16. Preparación del terrenos para la siembra de maíz.

#### 6.4.8. Pluviometría

Las aguas en forma de lluvia son muy necesarias en periodos de crecimiento en unos contenido de 40 a 65 cm.

#### 5.4.9. Riegos

El maíz es un cultivo exigente en agua en el orden de unos 5 mm al día. Los riegos pueden realizarse por aspersión y a manta. El riego más empleado últimamente es el riego por aspersión. Las necesidades hídricas van variando a lo largo del cultivo y cuando las plantas comienzan a nacer se requiere menos cantidad de agua pero sí mantener una humedad constante. En la fase del crecimiento vegetativo es cuando más cantidad de agua se requiere y se recomienda dar un riego unos 10 a 15 días antes de la floración.

Durante la fase de floración es el periodo más crítico porque de ella va a depender el cuajado y la cantidad de producción obtenida por lo que se aconsejan riegos que mantengan la humedad y permita una eficaz polinización y cuajado. Por último, para el engrosamiento y maduración de la mazorca se debe disminuir la cantidad de agua aplicada. En el siguiente recuadro se presentan las dosis de riego más convenientes para el cultivo del maíz (en riego localizado).



Ilustración 17. Riego de cultivo de maíz.

Tabla 2 Riegos recomendados por etapas fisiológicas del cultivo de Maíz.

<b>SEMANA</b>	<b>ESTADO</b>	<b>Nº RIEGOS</b>	<b>m<sup>3</sup></b>
1	Siembra	3	42
2	Nascencia	3	42
3	Desarrollo primario	3	52
4		3	88
5	Crecimiento	3	120
6		3	150
7		3	165
8	Floración	3	185
9	Polinización	3	190
10		3	230

11	Fecundación	3	200
12	Fecundacion del grano	3	192
13		3	192
14		3	192
<b>15</b>		<b>3</b>	<b>190</b>

#### 5.4.10. Siembra.

Antes de efectuar la siembra se seleccionan aquellas semillas resistentes a enfermedades, virosis y plagas. Se efectúa la siembra cuando la temperatura del suelo alcance un valor de 12°C. Se siembra a una profundidad de 5cm. La siembra se puede realizar a golpes, en llano o a surcos. La separación de las líneas de 0.8 a 1 m y la separación entre los golpes de 20 a 25 cm. La siembra se realiza por el mes de abril.



Ilustración 18. Siembra de maíz.

#### 5.4.11. Recolección

Para la recolección de las mazorcas de maíz se aconseja que no exista humedad en las mismas, más bien secas. La recolección se produce de forma mecanizada para la obtención de una cosecha limpia, sin pérdidas de grano y fácil. Para la recolección de mazorcas se utilizan las cosechadoras de remolque o bien las cosechadoras con tanque incorporado y arrancan la mazorca del tallo, previamente se secan con aire caliente y pasan por un mecanismo desgranador y una vez extraídos los granos se vuelven a secar para eliminar el resto de humedad. Las cosechadoras disponen de un cabezal por donde se recogen las mazorcas y un dispositivo de trilla que separa el grano de la mazorca, también se encuentran unos dispositivos de limpieza, mecanismos reguladores del control de la maquinaria y un tanque o depósito donde va el grano de maíz limpio. Otras cosechadoras de mayor tamaño y más modernas disponen de unos rodillos recogedores que van triturando los tallos de la planta. Trabajan a gran anchura de trabajo de 5 a 8 filas la mazorca igualmente se tritura y por un dispositivo de dos tamices la cosecha se limpia.



Ilustración 19. Cosecha de maíz.

#### 5.4.12. Conservación

Para la conservación del grano del maíz se requiere un contenido en humedad del 35 al 45%. Para grano de maíz destinado al ganado éste debe tener un cierto contenido en humedad y se conserva en contenedores, previamente enfriando y

secando el grano. Para maíz dulce las condiciones de conservación son de 0°C y una humedad relativa de 85 al 90%. Para las mazorcas en fresco se eliminan las hojas que las envuelven y se envasan en bandejas recubiertas por una fina película de plástico. El maíz para grano se conserva de la siguiente forma: debe pasar por un proceso de secado mediante un secador de circulación continua o secadores de caja. Estos secadores calientan, secan y enfrían el grano de forma uniforme.



Ilustración 20. Almacenaje de maíz.

#### 5.4.13. Fertilización

El maíz necesita para su desarrollo unas ciertas cantidades de elementos minerales. Las carencias en la planta se manifiestan cuando algún nutriente mineral está en defecto o exceso. Se recomienda un abonado de suelo rico en P y K. En cantidades de 0.3 kg de P en 100 Kg de abonado. También un aporte de nitrógeno N en mayor cantidad sobre todo en época de crecimiento vegetativo. El abonado se efectúa normalmente según las características de la zona de plantación, por lo que no se sigue un abonado riguroso en todas las zonas por igual. No obstante se aplica un abonado muy flojo en la primera época de desarrollo de la planta hasta que la planta tenga un número de hojas de 6 a 8. A partir de esta cantidad de hojas se recomienda un abonado de:

- N : 82% ( abonado nitrogenado ).
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : 70% (abonado fosforado ).

- K<sub>2</sub>O: 92% ( abonado en potasa )

Durante la formación del grano de la mazorca los abonados deben de ser mínimos. Se deben de realizar para el cultivo de maíz un abonado de fondo en cantidades de 825Kg/ha durante las labores de cultivo. Los abonados de cobertera son aquellos que se realizan cuando aparecen las primeras hojas de la planta y los más utilizados son:

- Nitrato amónico de calcio. 500 kg/ha
- Urea. 295kg/ha
- Solución nitrogenada. 525kg/ha.

Es importante realizar un abonado ajustándose a las necesidades presentadas por la planta de una forma controlada e inteligente.

**Nitrógeno (N):** La cantidad de nitrógeno a aplicar depende de las necesidades de producción que se deseen alcanzar así como el tipo de textura del suelo. La cantidad aplicada va desde 20 a 30 Kg de N por ha. Un déficit de N puede afectar a la calidad del cultivo. Los síntomas se ven más reflejados en aquellos órganos fotosintéticos, las hojas, que aparecen con coloraciones amarillentas sobre los ápices y se van extendiendo a lo largo de todo el nervio. Las mazorcas aparecen sin granos en las puntas.

**Fósforo (P):** Sus dosis dependen igualmente del tipo de suelo presente ya sea rojo, amarillo o suelos negros. El fósforo da vigor a las raíces. Su déficit afecta a la fecundación y el grano no se desarrolla bien.

**Potasio (K):** Debe aplicarse en una cantidad superior a 80-100 ppm en caso de suelos arenosos y para suelos arcillosos las dosis son más elevadas de 135-160 ppm. La deficiencia de potasio hace a la planta muy sensible a ataques de hongos y su porte es débil, ya que la raíz se ve muy afectada. Las mazorcas no granan en las puntas.

**Otros elementos:** boro (B), magnesio (Mg), azufre (S), Molibdeno (Mo) y cinc (Zn). Son nutrientes que pueden al parecer en forma deficiente o en exceso en la planta. Las carencias del boro aparecen muy marcadas en las mazorcas con inexistencia de granos en algunas partes de ella.



Ilustración 21. Fertilización de maíz.

#### 5.5. Suelo apropiado para el cultivo

Para el mejor desarrollo de la planta maíz los suelos son franco-limosos y franco arcilloso-limosos, o bien los de textura ligera o media. Aunque en suelos profundos las raíces pueden penetrar hasta 2 m, el sistema muy ramificado se sitúa en la capa superior del suelo (0.8 a 1.0 m), donde la planta absorbe cerca del 80% de agua. El maíz tolera salinidad siempre que esta no sea mayor a  $7\text{dSm}^{-1}$ . El pH óptimo para Seúl desarrollo es entre 5.5 y 7.5, fuera de estos límites puede aumentar o disminuir la disponibilidad de ciertos elementos. Cuando el pH es inferior a 5.5 a menudo hay problemas de toxicidad por aluminio y manganeso, además de carencia de fósforo y magnesio; con pH superior a 8 (o superior a 7 en suelos calcáreos) tiende a presentarse carencia de hierro, manganeso y zinc (Mandujano et al., 2013)

Los factores edificios que limitan el rendimiento de los cultivos, se encuentran la baja disponibilidad de fósforo y de nitrógeno, la acidez del suelo, que por general incluye toxicidad por aluminio, baja disponibilidad de calcio, magnesio y potasio por lo tanto son limitaciones generalizadas para el mundo de la agricultura (Lynch, 2007)



Ilustración 22. Plántulas de maíz.

#### 5.5.1 Degradación de los suelos para el cultivo de maíz.

La fertilidad del suelo es crucial para la perdurabilidad de este planeta; sin embargo, desde el año de 1970, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación del Reino Unido publicó un informe que concluía que algunos suelos estaban ya con un contenido muy bajo de MO (Lampkin, 1998). Esta tendencia no ha cambiado, sino que la degradación de los suelos se ha generalizado a nivel mundial y México no es la excepción. El uso excesivo de agroquímicos deja residuos de contaminantes en los productos agrícolas y en los suelos; además, se realizan otras prácticas agrícolas insostenibles como la labranza excesiva, con lo que se ha aumentado el rendimiento de los cultivos a expensas de la calidad del suelo (Rodríguez et al. 2008; Doan et al., 2015). La productividad de los suelos está disminuyendo rápidamente. Nuestra dependencia de los fertilizantes químicos y los plaguicidas ha fomentado la prosperidad de las industrias que producen sustancias químicas que amenazan la vida y que no sólo son peligrosas para el consumo humano sino que también pueden perturbar el equilibrio ecológico (Bhardwaj et al., 2014). La pérdida de fertilidad del suelo, la erosión, escurrimiento de nutrientes, disminución de la MO estable, salinización, alcalinización y desertificación, provocan que el suelo se vuelva incapaz de producir, excepto cuando los nutrientes necesarios para el cultivo se obtienen de fuera del sistema productivo. Esto se acentúa con el cultivo intensivo sin prácticas efectivas de conservación del suelo (Guzmán et al. 2001; Hernández et al., 2014) y con una

fertilización excesiva, que reduce la calidad nutritiva de los productos agrícolas Verma et al., 2015; Abduli et al., 2013).

La disminución de la materia orgánica del suelo (MOS), es un factor principal que causa la degradación de los servicios de los ecosistemas y la pérdida de resiliencia (Doan et al., 2013a; Doan et al., 2015). El manejo agrícola inadecuado del suelo también provoca su degradación biológica, afectándose los organismos (entre ellos los microorganismos), que participan de la génesis y mantenimiento de la estructura del suelo, la disponibilidad de nutrientes para las plantas, el reciclaje de los mismos y el control de plagas y enfermedades; por ello, los organismos vivos son excelentes indicadores de la fertilidad del suelo (Tiltson et al., 2002; Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007; Bhardwaj et al., 2014). De lo anterior se deriva la necesidad de desarrollar sistemas sostenibles para llevar un adecuado manejo del suelo agrícola.

#### 5.5.2. Fertilidad y calidad del suelo

El potencial productivo de un suelo agrícola depende de su fertilidad, la cual está determinada por sus atributos físicos, químicos y biológicos, los cuales interactúan influyéndose unos a otros. El término “calidad del suelo” se comenzó a usar a fines del siglo XX, al reconocer las funciones de este. El Comité para la Salud del Suelo de la Soil Science Society of América sintetizó esta definición como “la capacidad del suelo para funcionar dentro de los límites de un ecosistema natural o manejado, sostener la productividad de las plantas y los animales, mantener o mejorar la calidad del aire y del agua, y sostener la salud humana y el hábitat” (García et al., 2012). La calidad del suelo no se debe evaluar en base a un grupo restringido de indicadores, ya que la variación de las condiciones genera estatus diversos en las propiedades del suelo. Es mejor considerar la funcionalidad del ecosistema, ya que integra e interconecta los componentes y procesos biológicos, químicos y físicos de un suelo, en una situación determinada (Astier-Calderón et al., 2011).

### 5.5.3. Propiedades físicas

Las propiedades físicas del suelo reflejan cómo el suelo acepta, retiene y proporciona agua a las plantas, así como las condiciones que limitan el crecimiento de las raíces, la emergencia de las plántulas, la infiltración, el movimiento del agua dentro del perfil y el intercambio de gases (Navarrete et al., 2011). Algunos indicadores empleados, son la textura, profundidad, conductividad hidráulica, densidad aparente, capacidad de retención de agua y porosidad del suelo (García et al., 2012; Navarrete et al., 2011).

La estructura del suelo es una propiedad primordial, ya que involucra la forma, grado y tamaño de los agregados, por lo que afecta la porosidad, la retención y disponibilidad de agua, además de su capacidad para contener aire. La porosidad influye además en el crecimiento de las raíces de los cultivos. La capacidad de retención de agua en el suelo es dependiente del número de poros, de la distribución de tamaño de poros y de la superficie específica de cada suelo (Martínez et al., 2008).

### 5.5.4. Propiedades químicas

Los indicadores químicos se refieren a las condiciones que afectan las relaciones suelo-planta, la calidad del agua, la capacidad amortiguadora del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas y los microorganismos (Navarrete et al., 2009). A menudo se dificulta separar claramente las funciones del suelo en físicas, químicas y los procesos biológicos, debido a la naturaleza dinámica e interactiva de estos procesos. Esta interconexión es especialmente importante entre las propiedades químicas y los indicadores biológicos de calidad del suelo, de tal manera que algunos autores pueden considerar la misma propiedad (por ejemplo el N mineralizable) en ambas categorías. Algunos indicadores químicos del suelo son la disponibilidad de nutrimentos (P, K, Ca, Mg),

el C orgánico total, el C orgánico lábil, el pH, la conductividad eléctrica (CE), la capacidad de absorción de fosfatos, la capacidad de intercambio de cationes (CIC), los cambios en la MO, el N total y el N mineralizable (García et al., 2012; Navarrete et al., 2011;). Es importante considerar que uno de los problemas que presenta la utilización de las propiedades químicas como indicadores de la calidad del suelo es su alta variabilidad estacional (Navarrete et al., 2011).

Los cambios en el C orgánico del suelo afectan las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Sánchez et al., 2004). La relación C orgánico lábil: C orgánico total es un indicador del efecto de diferentes sistemas productivos sobre la fracción orgánica del suelo. Este indicador se utiliza para evaluar los cambios de la MOS, asociados a sistemas de labranza, uso y capacidad productiva de los suelos. La razón entre la concentración de C en la fracción arcilla-limo y el C orgánico total, o factor de enriquecimiento de C, es otro indicador que permite estudiar el almacenamiento de C en suelos con distinto historial de manejo (Martínez et al., 2008).

La CIC, es una propiedad química del suelo estrechamente vinculada a su fertilidad, depende de los coloides inorgánicos (arcillas cristalinas, geles amorfos, óxidos y sesquióxidos de hierro y aluminio) y del contenido de MOS. La mayoría de los suelos tienen una carga permanente y otra carga que varía con el pH, observándose un aumento de la CIC con el pH, por lo que la CIC total se mide a pH 8,2. Se considera que la CIC permanente proviene de la fracción arcilla, mientras que la CIC variable depende de las sustancias húmicas (Martínez et al., 2008).

#### 5.5.5. Propiedades biológicas

La actividad biológica es un indicador de cambios tempranos que modifican la dinámica de nutrientes antes que éstos puedan ser detectados por análisis químicos. La actividad biológica se puede determinar mediante diversos métodos,

dependiendo del nivel jerárquico de tamaño corporal y funcionalidad de los organismos del suelo. La biota del suelo representa de 1 a 3% del C orgánico del suelo y el componente microbiano varía desde 100 hasta 1000  $\mu\text{g C g}^{-1}$  de suelo (Martínez et al., 2008).

**La macro y mega fauna (2-20 mm).** Los indicadores biológicos integran una gran cantidad de factores que afectan la calidad del suelo, como la abundancia y los subproductos de los macroinvertebrados. Estos rompen, transportan y mezclan el suelo al construir galerías, nidos, sitios de alimentación, turrículos o compartimientos; también influyen en el suelo de forma indirecta, mediante la formación de comunidades de microorganismos, transporte de propágulos, antibiosis o reducción selectiva de la viabilidad (García et al., 2012).

Las lombrices han sido identificadas como un grupo funcional clave y son consideradas ingenieras del suelo debido a su influencia en las propiedades biológicas, físicas y químicas del suelo. La actividad de la lombriz de tierra es un importante factor de control de la dinámica de la vegetación y la diversidad y varios estudios han informado de su influencia positiva en el crecimiento de las plantas (Doan et al. 2013a).

**Microorganismos (< 100 $\mu\text{m}$ ).** El componente microbiano incluye nematodos, protozoos, organismos filamentosos, levaduras, hongos, microalgas y una gran diversidad de bacterias, incluido los actinomicetes, el grupo archae, los quimio y fotolitotrofos y una gran cantidad de formas aun no cultivadas (Martínez et al., 2008).

Los microorganismos son uno de los factores más importantes en la sostenibilidad agrícola, ya que influyen en la disponibilidad de nutrientes, control de patógenos, promoción de crecimiento, fijación biológica de nitrógeno molecular, así como en las diferentes interacciones que tienen el suelo el agua y las plantas (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007). Desempeñan un papel clave en la mayoría de las

reacciones que tienen lugar en los suelos, contribuyen a la formación del suelo y la estabilidad sus propiedades físicas y químicas, participan en la formación de agregados, descomposición de la MO y en los ciclos de nutrientes. Como resultado, la cantidad y la actividad de los microorganismos del suelo están estrechamente relacionado con la funcionalidad y fertilidad del suelo (Hernández et al., 2014). Algunos indicadores de la calidad del suelo son: la tasa de respiración, el ergosterol y otros subproductos de los hongos, las tasas de descomposición de los residuos vegetales, el N y C de la biomasa microbiana. El balance de la actividad metabólica de los microorganismos en los suelos se puede evaluar mediante la medición de las enzimas implicadas en los ciclos del C, N y P, permitiendo el cálculo de la diversidad funcional de las comunidades microbianas en el suelo. La biomasa microbiana (C microbiano) expresa la cantidad de organismos que viven en el suelo generalmente más pequeños a 10µm, principalmente hongos y bacterias (Navarrete et al., 2011) y se puede utilizar como un indicador sensible al manejo y a la toxicidad debida a pesticidas, metales y otros contaminantes antropogénicos.

Los hongos que forman micorrizas pueden aumentar la disponibilidad de nutrimentos como el P, N, Cu y Zn, necesarios para el desarrollo de las plantas. Además, son parte de la dieta de vertebrados e invertebrados. Ciertos hongos presentes en el suelo, son antagónicos de patógenos y pueden prevenir la infección de las plantas. También se ha observado que algunos hongos producen compuestos que estimulan las defensas naturales de las plantas y mejoran su resistencia a patógenos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007). Otro ejemplo de hongos benéficos es *Trichoderma* spp., que coloniza rápidamente las raíces de las plantas y puede inhibir los fitopatógenos a través de su actividad antagonista y mycoparasítica. Algunas cepas de *Trichoderma* pueden interactuar con las raíces, aumentando crecimiento de la planta y la tolerancia al estrés abiótico (Hermosa et al., 2012).

Las bacterias promotoras de crecimiento de las plantas, son un grupo de diferentes especies que pueden incrementar el crecimiento y la productividad vegetal. Los mecanismos que estas bacterias utilizan pueden ser a través de su propio metabolismo (solubilizando fosfatos, produciendo hormonas o fijando N), afectando directamente el metabolismo de la planta (incrementando la toma de agua y de minerales), mejorando el desarrollo de la raíz, incrementando la actividad enzimática de la planta o ayudando a otros microorganismos para que actúen mejor sobre las plantas, o suprimiendo a los fitopatógenos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2007). Por ejemplo, cepas de *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Phosphobacter* y *Rhizobacter* pueden proporcionar N para el girasol *Helianthus annuus* y aumentar la altura de la planta, número de hojas, diámetro del tallo y porcentaje de llenado de las semillas. Del mismo modo, en el arroz, la adición de *Azospirillum* y *Rhizobium* promueve la fisiología y mejora la morfología de la raíz (Bhardwaj et al., 2014). Cianobacterias que fijan nitrógeno, tales como *Aulosira*, *Tolypothrix*, *Scytonema*, *Nostoc*, *Anabaena* y *Plectonema* son comúnmente utilizadas como biofertilizantes gracias a su aporte de N, sustancias promotoras del crecimiento y vitaminas (Bhardwaj et al., 2014). Algunas especies de *Pseudomonas* y de *Bacillus*, producen lipopéptidos que tienen actividades líticas e inhibitorias del crecimiento de una amplia gama de microorganismos, incluyendo virus, micoplasmas, bacterias, hongos y oomicetos. *Bacillus* spp. Provoca resistencia sistémica inducida en las plantas, y participa en la promoción del crecimiento de las plantas (Kloepper et al., 2004).

#### 5.6. La materia orgánica del suelo

Se conoce como materia orgánica del suelo (MOS) a un conjunto de residuos orgánicos de origen animal y vegetal, que están en diferentes etapas de descomposición, y que se acumulan tanto en la superficie y dentro del perfil del suelo. Además, incluye una fracción viva, o biota, que participa en la descomposición y transformación de los residuos orgánicos (Martínez et al., 2008). El carbono orgánico del suelo (COS) es el principal elemento de la MOS, por esto

es común que ambos términos se confundan o se hable indistintamente de uno u otro. Al respecto cabe señalar que los métodos analíticos determinan el COS, y que la MOS se estima a partir del COS multiplicado por factores como el de van Benmelen (1.724), pero esto varía entre diferentes suelos y horizontes, por lo que es preferible informar el valor del COS, sin transformar (Martínez et al., 2008).

La MOS mejora la forma en que el agua interactúa con el suelo. En suelos arenosos, los desechos orgánicos ayudan a retener el agua en el suelo. En suelos arcillosos, la MOS incrementa la porosidad, por lo que hace que drene más fácilmente. La MOS también aporta gran número de microbios benéficos (Hernández et al., 2014) y participa en la agregación y mejora de diversas propiedades físicas del suelo, incluyendo la capacidad de retención de humedad (Tejada et al., 2006). Por lo tanto, el aumento de la MOS debe ser el primer paso en cualquier práctica agrícola. Adiciones de materia orgánica son el único medio de hacer algunos suelos económicamente productivos (Hernández et al., 2014).

En la materia orgánica del suelo (MOS) se distingue una fracción lábil, disponible como fuente energética (hidratos de carbono, ligninas, proteínas, taninos, ácidos grasos), y una fracción húmica, más estable, constituida por ácidos fúlvicos, ácidos húmicos y huminas. Las sustancias húmicas son el principal componente de la MOS y representan por lo menos el 50% de ésta (Simpson et al., 2007). Dentro de la fracción húmica, las huminas son el componente más abundante e incluyen una amplia gama de compuestos químicos insolubles en medio acuoso y contienen además, compuestos no húmicos como largas cadenas de hidrocarburos, ésteres, ácidos y estructuras polares, que pueden ser de origen microbiano, como polisacáridos y glomalina, íntimamente asociados a los minerales del suelo (Martínez et al., 2008).

La MOS también se puede caracterizar de acuerdo a métodos físicos de fraccionamiento. Los métodos físicos se pueden agrupar en tres grandes grupos: tamizado, sedimentación y densitometría. En la MOS total existe una fracción de

gran tamaño ( $> 53 \mu\text{m}$ ) cuyo contenido de COS es conocido como C orgánico particulado o C orgánico lábil que es más activo y de rápida descomposición (Franzlubbers y Arshad, 1997).

#### 5.7. Uso de abonos orgánico para la producción de maíz

Las tierras agrícolas de la región Centro-Norte de México se han trabajado por más de 50 años de manera intensiva, pero en los últimos 30 los productores redujeron notablemente la aplicación de abonos orgánicos a causa del inicio de una agricultura intensiva (López et al., 2001), generando una disminución en el uso de fertilizantes orgánicos hasta un punto en el que la aplicación de los inorgánicos se convirtió en un problema ambiental en muchos lugares del mundo (Butler et al., 2007). La Comarca Lagunera, región agrícola y ganadera de las más importantes de la república mexicana, localizada en el norte de México, es un ejemplo de estos hechos (Castellanos, 1996). En ella, anualmente se producen cerca de un millón de toneladas de estiércol de bovino, que se aplica de forma directa a los suelos agrícolas, sin tratamiento previo (Serrato et al., 2002 y Fortis et al., 2009). Los abonos orgánicos se han utilizado desde tiempos remotos y su influencia sobre la fertilidad de los suelos ha sido demostrada, aunque su composición química, el aporte de nutrimentos a los cultivos y su efecto en el suelo, varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad. Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo (FAO, 1991); y presentan una amplia variación de efectos que dependen del material aplicado y de su grado de descomposición (Abawi y Thurston, 1994). El uso de abonos orgánicos constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados. La adición de residuos vegetales o estiércol incrementa la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo, que en los cultivados varía de 100 a 600 mg kg<sup>-1</sup>. Una forma de mejorar el manejo del estiércol para evitar la pérdida de nutrimentos es separarlo en sus fracciones líquida y sólida, e incorporar el composteado o inyectar la fracción líquida al suelo

o a cualquier otro sustrato en distintos sistemas de producción. De tal manera que el éxito de estos productos radica en la forma de preparación, calidad del compost, clases de microorganismos presentes durante la fermentación, forma como se almacenen los biopreparados y el método de aplicación (Capulín-Grande et al., 2001).

El aprovechamiento de estos residuos orgánicos cobra cada día mayor importancia como medio eficiente de reciclaje racional de nutrientes, que ayuda al crecimiento de las plantas y devuelven al suelo muchos de los elementos extraídos durante el proceso productivo (Cerrato et al., 2007). Asimismo, mejoran las características físicas y prevenir la erosión del suelo, reducen la dependencia de insumos externos de alto costo económico y ambiental, enfocado a una agricultura sostenible, en donde se disminuye y elimina el empleo de agroquímicos a fin de proteger el ambiente, y la salud animal y humana. La fracción líquida que se obtiene del proceso de compostaje del estiércol se conoce como lixiviados de compost, extractos de compost y té de compost y presenta como ventaja una densidad más uniforme. Los lixiviados de compost se producen directamente de las pilas, son ricos en elemento nutritivos y contienen microorganismos y se caracterizan por una coloración negruzca. Los lixiviados han sido considerados, tradicionalmente, como un fertilizante líquido orgánico. Este material está siendo utilizado para el control de plagas y enfermedades, puesto que tienen una gran abundancia y diversidad de microorganismos benéficos, por lo que no son considerados pesticida (Litterick et al., 2004). Otros contienen químicos antimicrobianos que inhiben el crecimiento de hongos; dada la gran variedad de lixiviados es muy difícil determinar el número de microorganismos benéficos presentes (Capulín-Grande et al., 2001). Hoy en día, la producción de forrajes de alta calidad sin el uso de fertilizantes sintéticos y haciendo un uso eficiente de agua, es una necesidad en áreas donde la limitación de recursos naturales es alarmante. La utilización de sistemas de riego que disminuyan las pérdidas por conducción, aplicación y evaporación se hacen necesarias en la producción de cualquier cultivo. El riego por goteo subsuperficial alcanza una de las mayores eficiencias en la aplicación del agua (95%) y permite la dosificación de los

fertilizantes por medio del fertirriego satisfaciendo los requerimientos nutrimentales del cultivo y optimizando el manejo de los nutrientes en cada una de las etapas fenológicas (Guevara et al., 2005).

#### 6.7.1. Lombricultura

El uso de desechos orgánicos en las comunidades rurales es una práctica antigua y frecuente, buscando con ella mejorar el contenido de materia orgánica del suelo para mantener la fertilidad de este. Entre los desechos orgánicos aplicados al suelo están los rastrojos, estiércoles, pulpa o cascarilla de café bagazo y cachaza proveniente de ingenios entre otros. Sin embargo, la aplicación de estos desechos no contempla ningún manejo previo.

Una de las alternativas de manejo que permiten mejorar las características microbianas de los desechos orgánicos es la lombricultura o vermicultura esta actividad se inició en los Estados Unidos a finales de la década de los años cuarenta y principio de los cincuenta. En América latina se inicia a principios de 1980; también es bien conocido en países COMO Suiza, Holanda, España, Cuba, Japón, Canadá, y Colombia y más recientemente México.

De acuerdo con la literatura, se estima que existen más de 8500 especies de lombrices, entre las cuales la más conocida es la lombriz de tierra (*lombricus terrestres*); sin embargo, para el manejo de desechos orgánicos se utilizan lombrices especiales, las cuales deben de reunir ciertos requisitos tales como alta voracidad, alta capacidad reproductiva, fáciles de trabajar y con capacidad para adaptarse a condiciones adversas, desde los 0 hasta 3000msnm.

Las especies más utilizadas en la lombricultura y que reúnan estos requisitos son *eisenia foetida* (coqueta roja) y *eisenia andrei* (lombriz roja californiana) estas especies son utilizadas en el 801% de los criaderos a nivel mundial. Se dice que hay otras especies que pueden sobre vivir con altas concentraciones de desechos, sin embargo presentan ciertas preferencias hacia algunos desechos;ellsa son:

lumbricus rubellus, perionyx excavatus, bimestus sp. Y eudrillus Eugenie. .  
(SAGARPA, Ing. Claudia Martínez Cerdas).

### 5.7.2. Composición química del lombrihumus

Cuadro 2. La lombriz tiene características favorables como, incrementar la flora y fauna microbiana del suelo en los terrenos de cultivos. Contiene elementos nutritivos (N, P, K, Ca, Mg, Y B) estos están disponibles para las plantas. Favorece a la retención de agua en el suelo, mejora las características físicas, químicas y estructurales del suelo, se puede considerar que la lombricomposta presenta un amplio rango en el contenido nutrimental.

Tabla 3 Composición química del lombrihumus.

	<b>UNIDADES</b>	<b>RANGO</b>
pH	-	6.8 a 7.2
N	%	1.5 a 3.35
P	ppm	700 a 2500
K	ppm	4400 a 7700
C/N	-	10 a 13
CIC	meq/100g	75 a 81
Ca	%	2.8 a 8.7
Mg	ppm	260 a 576
Mn	ppm	0.2 a 0.5
Cu	ppm	85 a 490
Zn	ppm	87 a 404

## 5.8 Uso de la lombriz roja californiana como composteadora.

La lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*), es una de las más utilizadas pues esta lombriz consume diariamente una cantidad de residuos equivalente, prácticamente, a su propio peso. Esta especie requiere de altas concentraciones de materia orgánica como medio de vida y alimentación, por lo que no sobreviven mucho tiempo en suelos con bajos porcentajes de materia orgánica. Aunque un mismo individuo tiene ambos sexos se reproduce por fertilización cruzada, donde ambos ponen un capullo, llamado cocón, cada 10 - 30 días. Cada capullo contiene de 2 a 10 lombrices que emergen a los 21 días, siendo individuos juveniles, que no podrán reproducirse hasta los 3 - 4 meses, cuando pasan a ser adultas. Las condiciones ambientales para un óptimo desarrollo son una temperatura de 19 a 20 °C, con una humedad del 80%, un pH de desarrollo entre 6.5 y 7.5 y con baja luminosidad, ya que teme a la luz, pues los rayos ultravioleta las matan. En estas condiciones una lombriz produce unas 1.500 lombrices por año que producen el 60% de la ingesta en forma de humus. La producción comercial se debe manejar como cualquier tipo de producción animal, con las ventajas de que no contraen enfermedades y tienen fácil manejo de producción. La lombriz de tierra es un animal omnívoro, es decir que come de todo: animales, vegetales y minerales. Cuando la lombriz cava túneles en el suelo blando y húmedo, succiona o chupa la tierra y digiere de ella las partículas vegetales o animales en descomposición, expulsando los elementos no digeribles y los residuos metabólicos, que son los que forman el humus.

Desde tiempos inmemorables, la lombriz es conocida como el animal ecológico por definición. Transforma los residuos convirtiéndolos en humus de óptima calidad, que retorna al suelo. Además, es muy útil y conocido el empleo que se hace de su carne de alto contenido proteico.

Las ciudades tienen planteado el importante problema de la eliminación de los residuos urbanos, tanto lo referente a las basuras domésticas, como los que

afectan los fangos y lodos de las grandes depuradoras. La quema de las basuras ayudó a solucionar en parte el problema, pero surgió el de las cenizas, y el permanente colapso de los rellenos sanitarios en las grandes ciudades. La solución inmediata es seleccionar las basuras, y con las lombrices podremos transformar las basuras, el fango y los lodos en un fertilizante orgánico.

### **Descripción de la Lombriz**

- Es de color rojo oscuro.
- Respira por medio de su piel.
- Mide de 6 a 8 cm de largo o más, y de 3 a 5 milímetros de diámetro y pesa hasta aproximadamente 1,4 gramos.
- No soporta la luz solar, una lombriz expuesta a los rayos del sol muere en unos pocos minutos.
- Vive aproximadamente unos 4,5 años y puede llegar a producir, bajo ciertas condiciones, hasta 1.300 lombrices al año.
- La lombriz californiana avanza excavando en el terreno a medida que come, depositando sus deyecciones y convirtiendo este terreno en uno mucho más fértil que el que pueda lograrse con los mejores fertilizantes artificiales.
- Explotación Ecológica:  
Es aquella que tiene por finalidad la transformación de sustancias orgánicas residuales o molestas como son: residuos industriales, fangos, etc. El humus obtenido en explotaciones es de baja calidad, que contiene una flora bacteriana muy pobre y además puede contener una considerable proporción de metales pesados tóxicos. No es aconsejable utilizar este humus para cultivos.
- Explotación Productiva:  
Tiene por finalidad el aprovechamiento de los productos de la lombriz: humus y carne. El humus procedente de las explotaciones es de excelente calidad, dependiendo del tipo de materia orgánica que se suministra como alimento, que consiste en estiércol de diferentes especies ganadera. Este humus contiene una flora bacteriana riquísima (hasta 2 billones de colonias de bacterias activas por

gramo de humus, que da lugar a una gran variedad de enzimas que actúan como elemento corrector de los suelos.

#### **Los Excrementos de la Lombriz Contienen:**

- 5 veces más nitrógeno.
- 7 veces más fósforo.
- 5 veces más potasio.
- 2 veces más calcio, que el material orgánico que ingerieron.
- 

#### **Cosecha de Lombrices y Humus**

Para la cosecha de lombrices es necesario que las camas estén llenas y el alimento consumido, y se realiza en distintas formas según el tipo de cultivo. Por ejemplo, en cunas se retrasa la alimentación por lo menos 4 días y luego se ofrece alimento en cantidad normal, con lo que la lombriz se concentra en la superficie. Al cabo de 2 o 3 días, una vez poblada la superficie se procede a retirarlas manualmente. Este procedimiento se repite dos veces más para separar la mayoría de la población de lombrices.

#### **5.9. Aplicación de compost, vermicompost y fertilizantes químicos en el cultivo de maíz.**

En un estudio realizado en el cultivos, los suelos con fertilización combinada (compost + fertilizantes inorgánicos) mostraron mayores valores de C, de biomasa microbiana, respiración basal y actividad deshidrogenasa, en comparación con el tratamiento inorgánico respectivo. El uso conjunto de compost y fertilizantes inorgánicos hizo posible la reducción de la FC en un 40%, mientras que se obtuvieron frutos en similar calidad y cantidad que con la FC al 100%, además de mejorar las características del suelo (Hernández et al., 2014). El uso combinado de la fertilización orgánica y FC, mejoró el efecto sobre el rendimiento y la calidad, en comparación con el uso de la FC sola. Doan et al. (2015) en el cultivo de maíz, registraron que al aplicar FC + AO (estiércol de búfalo, compost y vermicompost) a una tasa de 20 t ha<sup>-1</sup>, se influyó en las propiedades químicas del suelo en comparación con las propiedades iniciales. Mientras que la adición de AO

aumentó el pH del suelo, el tratamiento con FC, lo redujo. Todos los tratamientos con AO también incrementaron significativamente el contenido de C y N del suelo. El efecto fue más significativo con el compost y vermicompost, sin diferencia significativa entre estos dos tratamientos. Los valores más bajos de C y N fueron para la FC al 100%. El P total y el contenido de K total en el suelo fueron mayores en el final del experimento comparado con la medición del inicio. El P disponible en los tratamientos con compost y vermicompost fueron los más altos. La CIC también aumentó significativamente en el orden: vermicompost > Compost = estiércol > FC > situación inicial del suelo.

En el suelo tratado con vermicompost aumentó la disponibilidad de agua, más que con el tratamiento con compost y que el tratamiento con FC. En general, la aplicación de compost y vermicompost condujo a la mejora de las propiedades del suelo, con el incremento del pH, MOS y contenido de nutrientes, comparado con el suelo fertilizado con productos químicos sintéticos. Álvarez-Solís et al. (2010) encontraron que el rendimiento de grano de maíz varió de 2152 a 3616 kg ha<sup>-1</sup>; el valor más bajo fue para la dosis baja de FC sin AO y el más alto para la dosis alta de FC con vermicompost.

#### 5.10. Producción de maíz en Mexico

El maíz es el grano que más se produce a nivel mundial. Es la base de alimentación de millones de personas y una materia prima esencial para varios sectores económicos como la producción industrial de carne, de alimentos que hoy conocemos como ultraprocesados, así como de productos no alimenticios que contienen principalmente su almidón y aceite. El tamaño de la producción mundial del maíz, desde mediados del siglo XX, generó interés de inversionistas que fomentaron la investigación y desarrollo de muchos productos. En los últimos 20 años, esto también ha dado lugar a disputas entre sociedad y corporaciones. En la década de 1930, el gobierno mexicano emprendió acciones a favor de productores y consumidores para regular los precios de los alimentos ante las variaciones del clima y los mercados, pero también para fomentar la producción interna con el objetivo de disminuir las importaciones y distribuir y vender al consumidor

alimentos a precios estables y accesibles. A lo largo de cinco décadas, el gobierno fundó instituciones como la Compañía Nacional de Subsistencias Populares (CONASUPO), la cual consolidó su infraestructura y equipamiento, con almacenes, camiones, y maquinaria para envasar granos que compraba a pequeños productores y comercializaba a precios accesibles para las empresas transformadoras de alimentos o el consumo familiar.

Bajo esa misma línea se crearon empresas estatales para la investigación y producción de semillas y de fertilizantes: la Productora Nacional de Semillas (PRONASE) y Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX). También se establecieron empresas para extraer y comercializar aceite de las semillas oleaginosas, para molienda de trigo y para la que sería la primera harina de maíz del país, que mantuvo la marca Minsa aún después de convertirse en una empresa privada. Con estas políticas, México logró detener la importación de granos de Estados Unidos (maíz y trigo) y en los años sesenta incluso llegó a exportar maíz. En esta misma década el gobierno diversificó la oferta y producción de CONASUPO para incluir otros productos alimentarios considerados básicos y populares. La gestión estatal fue afectada en la década de 1970 por una escasez mundial de alimentos, situación aprovechada por algunas empresas transnacionales productoras de insumos del entonces novedoso modelo Revolución Verde, que incrementaron los precios de plaguicidas y fertilizantes. Los corporativos norteamericanos transformadores de alimentos y los exportadores de granos (maíz, trigo, arroz, algodón, soya), obtenían créditos de su gobierno para exportar hacia países con déficit de alimentos. Con tales apoyos se intensificó la expansión de esas compañías por el mundo, iniciándose así la modificación de hábitos alimenticios en muchos países, incluido México.

De 1980 a 1982, el Sistema Alimentario Mexicano, creado para sostener la autosuficiencia y producción alimentaria, operó bajo fuertes presiones internacionales para reducir la participación del Estado y abrir paso a la iniciativa privada. A partir de 1982 inició en el país el desmantelamiento de la infraestructura pública y el control del Estado en diversas industrias, incluyendo la alimentaria.

Con la entrada en vigor del Tratado de libre Comercio de América del Norte (TLCAN), en 1994, la producción nacional de alimentos para consumo interno tuvo efectos negativos. La entrada indiscriminada de agroindustrias transnacionales y sus productos ultraprocesados aceleraron el deterioro de la salud alimentaria de la población. Sin embargo, el TLCAN resultó favorable para algunas empresas agroalimentarias mexicanas, que consiguieron acelerar su proceso de transnacionalización. Un ejemplo de esto, es el grupo Maseca (GRUMA), que elabora productos a base de maíz. Las cifras oficiales sobre producción, importaciones y consumo del maíz en México y sus tendencias respecto de años anteriores hacen pensar en una sobrestimación de la producción. Por ejemplo, para 2006 se reportó una superficie cosechada de 7,294,800 hectáreas, esto es 303,300 hectáreas menos que en 2017. Sin embargo, la producción reportada en 2006 fue de 21,893,200 toneladas. Un incremento que resulta imposible de lograr considerando que el rendimiento promedio nacional reportado para este cultivo, entre 2007 y 2017, oscila entre 2.1 y 2.5 toneladas por hectárea. Las cifras de la balanza comercial también muestran algunas inconsistencias. Destaca una elevada producción nacional en los últimos dos años 2016 y 2017, lo que representaría una mayor oferta nacional, sin embargo también las importaciones son muy elevadas. El consumo promedio de tortilla en el país es de 84kg per cápita, que requerirían 56 kg de grano para su producción. La población total de México, estimada en 2018 es de 124.7 millones, por lo que para cubrir su consumo de grano como tortilla requeriría 6,972,000 toneladas de grano, una cantidad que por mucho se cubre con la producción nacional de maíz blanco reportada. Aún si el resto del maíz reportado se consumiera en forma de otros platillos, como tamales o pozole, la proporción por habitante seguiría siendo sumamente elevada. Si bien el consumo en forma de aceite, frituras, cereales para desayuno y productos ultraprocesados también es significativo, esta producción está incluida en la cifra de consumo por la industria del almidón, de 2,743,000 toneladas de maíz amarillo, que se utiliza para muchos de estos productos industrializados. Es necesario un nuevo censo agropecuario que contemple verificación amplia en campo para conocer cifras reales

### 6.11. Rescate del maíz en México

El maíz nativo es el cultivo más representativo de México. Su origen y evolución se remontan a 10 mil años atrás con su pariente silvestre, el *teocintle*. Existen más de 300 variedades derivadas de 64 razas de maíces nativos que crecen en territorio mexicano. Ahora surgen distintos esfuerzos para que ese legado, considerado patrimonio alimentario nacional, permanezca. El actual gobierno lo considera una prioridad. Uno de estos esfuerzos avanzó el pasado 13 de abril, fecha en que se publicó en el Diario Oficial de la Federación, la Ley Federal para el Fomento y Producción del Maíz Nativo (LFFPMN), que busca proteger sus razas y variedades. Ahí se obliga al estado a garantizar la conservación in situ de semillas de maíz nativo y en diversificación constante. Tanto el gobierno federal como la iniciativa privada han impulsado diversos planes para salvaguardar las variedades de la semilla, como ejemplo está el “Programa de Rescate de los Maíces Nativos” que, bajo el liderazgo de la Secretaría de Desarrollo Rural (SADER), busca apoyar a 12 mil familias que se dedican a cultivarlo (CONABIO. 2016) .

El Plan Maíz para México y su apoyo a la industria pecuaria en el país no solo se producen y consumen maíces blancos que pueden ser híbridos o nativos. El maíz amarillo -destinado principalmente al consumo para animales- representa un alto porcentaje, sin embargo, como la cantidad que se siembra en el país -y que también es apta para la dieta del ser humano- es menor, se tiene que importar. Hoy ingresan al país 17 millones de toneladas al año de maíz amarillo, mayoritariamente transgénico y proviene de Estados Unidos. La principal diferencia entre el maíz blanco que es para consumo humano en México y el amarillo, es que este último contiene más aceite. Así que también hay un plan para sembrar maíz amarillo con el que se espera reducir en un millón de toneladas las importaciones. Se llama “Maíz para México” y con su operación se prevé que al término del sexenio la disminución de importaciones oscile en los 5 millones de

toneladas. “Sería un paso enorme y ese es el enfoque: que al aumentar la productividad podamos ir reduciendo paulatinamente la dependencia”, sostiene Cacho Ribeiro, vicepresidente de cadenas productivas del Consejo Nacional Agropecuario. El especialista agrega que si la producción nacional de maíz amarillo crece, los agricultores podrán mejorar sus ingresos hasta en un 350%, “y eso es lo que queremos: que tengan una vida mejor, más digna” (Dalila Carreño 2020).

#### 5.12. La milpa en Mexico como sistema de producción.

En México, denominamos milpa (del náhuatl *milpan* de *milli* "parcela sembrada" y *pan* "encima de") al sistema agrícola tradicional conformado por un policultivo, que constituye un espacio dinámico de recursos genéticos. Su especie principal es el maíz, acompañada de diversas especies de frijol, calabazas, chiles, tomates, y muchas otras dependiendo de la región, por ejemplo a la combinación de maíz-frijol-calabaza se le conoce como "la triada mesoamericana". En este sistema agrícola se aprovechan plantas que crecen de manera natural, principalmente especies herbáceas conocidas como "quelites" (por ejemplo verdolagas, quintoniles, huazontle, nabos, romeritos, entre otras). Al mismo tiempo se aprovechan los arbustos y árboles que habitan ahí, al proporcionar frutos, fibras o semillas de interés local o regional. En este sistema, también, habitan especies que pueden llegar a afectar a los cultivos, como algunos insectos (gusano del elote) o el hongo que conocemos como “huitlacoche” que prolifera en el grano del maíz. La milpa también puede ser sólo el maíz. Por lo anterior, la milpa es un sistema agrícola de temporal con maíz y con otras especies que son cosechadas o toleradas. La interacción de una gran cantidad de especies convierte a la milpa en un ecosistema, donde se aprovechan de manera complementaria los diferentes recursos en el sistema (agua, luz, suelo). En este ecosistema se favorecen interacciones ecológicas benéficas (control biológico de insectos, fertilidad del suelo y polinización) brindando diferentes beneficios no solo a las especies que en ella conviven sino a las comunidades humanas que las manejan, dado que los productos que de ahí se obtienen, favorecen una dieta equilibrada y en algunas

regiones del país sigue siendo la base de su alimentación. A la milpa se le conoce también como *milpan*, *chinamilpan* y *huamilpa* en náhuatl, *itzzu* en mixteco, *guela* o *cue* en zapoteco, *tarheta* en purépecha, *huähi* en otomí, *kool* en maya, *takuxtu* en totonaco, *yaxcol* en tzotzil, *ichírari* en tarahumara y *tjöö* en mazahua (CONABIO. 2016).

#### 5.12.1. Diversidad de milpas

No existe un solo tipo de milpa, depende de las características de suelo, clima, de las especies disponibles, de las tradiciones y saberes locales, así como de los gustos y necesidades tanto culinarias como alimenticias del campesino. De acuerdo a éstas características, cada milpa tiene particularidades propias, por lo que no hay una milpa sino muchas. En algunas regiones del país, sobre todo en el trópico húmedo, la milpa se establece a partir del sistema itinerante de roza-tumba-quema, este tipo de producción consiste en la limpieza de pequeñas parcelas y la quema de residuos vegetales secos, para posteriormente cultivar en ellas y aprovechar los nutrientes de las cenizas. Aunque existen zonas en este mismo ambiente, donde las condiciones de suelo permiten el establecimiento de sistemas más permanentes. En otras zonas, se han favorecido agroecosistemas donde la milpa puede ser parte ya de un manejo establecido año con año donde se puede asociar con otros cultivos en un ciclo y en ciclos subsecuentes rotar con especies de cultivos distintas como frijol u hortalizas. En otras regiones se establece la tornamilpa o tornamil, es decir la segunda siembra en la misma parcela en el mismo año. En ambientes semiáridos se establecen milpas como el huamil, milpa chichipera, milpa de cactáceas columnares y mezquitales-milpa. En estos sistemas se desarrollan procesos de domesticación de distintas especies (como. garambullo, pitaya, chichipe, guaje, mezquite y diversas especies de xoconostles y nopales) que son toleradas, protegidas y cultivadas en las parcelas debido a que proporcionan sombra, forraje, y frutos comestibles. En ambientes templados se presentan sistemas como las chinampas y calal, las cuales son parcelas de forma rectangular con islotes largos y angostos, rodeados de canales. La construcción de estos canales implica la excavación del suelo, el cual es colocado sobre la tierra entre los canales, dando como resultado plataformas

elevadas para el cultivo y una matriz de canales en el paisaje En ambos sistemas, para estabilizar los canales e incrementar el drenaje se plantan árboles en las orillas los cuales permiten la captura de humedad(CONABIO. 2016) .

#### 5.12.2. Los campesinos son generadores y custodios de la agrobiodiversidad

Las milpas han jugado un papel importante como hábitat de diversas especies. A lo largo del país existen alrededor de 60 razas de maíz con distintas características, cinco especies de frijol, cuatro especies de calabaza, chiles silvestres y domesticados con distintas formas, sabores y pungencia, variantes de jitomates y tomates de cáscara, algunos quelites aprovechados temporalmente (romerito) y otros que están presentes todo el año por su importancia comercial (verdolaga y quintoniles), al igual como ocurre para el huitlacoche cuya producción se hace ya de manera controlada. La gran diversidad de razas o variantes nativas de las especies cultivadas que habitan en las milpas son gracias a los agricultores, quienes continúan el proceso de domesticación y diversificación al mantener año con año las semillas de las especies cultivadas, experimentar con nuevos cultivos y variantes, así como la selección de tipos específicos de su interés, por su adaptabilidad y usos distintos. Además, los agricultores continúan el intercambio libre de frutos y semillas en su entorno inmediato y hacia fuera de sus comunidades con ferias o intercambios locales y regionales. Dado que los principales cultivos de la milpa se originaron o domesticaron en México, pueden coincidir, en algunas regiones, con las especies silvestres de las que se domesticaron o especies emparentadas. Debido a esto, pueden tener intercambio genético, el cual permite una mayor diversidad y adaptación a las características regionales (CONABIO. 2016).

#### 5.12.3. Las milpas son un medio para conservar la agrobiodiversidad

Las milpas son un reflejo de los conocimientos, la tecnología y las prácticas agrícolas necesarias para obtener de la tierra y del trabajo humano los productos necesarios para satisfacer las necesidades básicas de la familia campesina. Dado que las milpas representan parte importante en la cocina mexicana y sigue siendo

la base de la soberanía alimentaria en muchas regiones de México. “Hacer milpa” significa realizar todo el proceso productivo, desde la selección del terreno hasta la cosecha. En este sentido las milpas son un patrimonio cultural y biológico de enorme valor, dado que al conservar las milpas se conserva la diversidad que existe en ella (agrobiodiversidad); al mismo tiempo conserva el conocimiento de muchas generaciones de agricultores de distintos pueblos. Si se pierde el conocimiento, perdemos, sabores, colores, texturas, genes, especies, es decir agrobiodiversidad (CONABIO, 2016)

## VI. MATERIAL Y METODOS

### 6.1. Ubicación de la unidad experimental

El trabajo se desarrolló en la comunidad de El Peñón, perteneciente al municipio de Temascaltepec, localizado en las siguientes coordenadas geográficas 100°02' longitud oeste y 19°03' de latitud norte. A una altura de 1,740 metros sobre el nivel del mar. La temperatura media anual oscila entre los 18°C y 22°C. La precipitación pluvial anual va de los 800 a los 1,600 milímetros. El clima es templado subhúmedo.

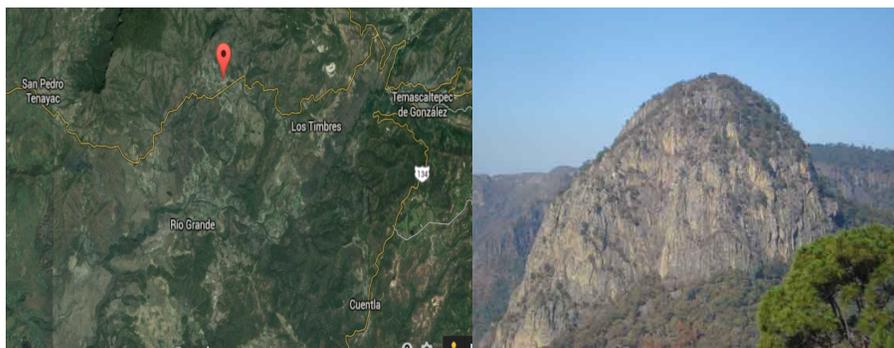


Ilustración 23. Mapa de la ubicación del sitio experimental.

#### 6.1.1. Materiales

- Fertilizantes: convencional y orgánico
- Semilla de maíz criollo.

Las fuentes de nutrientes orgánicos fueron:

- a) vermicompost de estiércol de caprinos (VCC),
- b) fertilizante convencional: fertilizantes químicos.

Las propiedades químicas del suelo y del vermicompost que se empleó, se presentan en la tabla 9

Tabla 4. Propiedades del suelo y del vermicompost (VCC) de estiércol de caprino.

Propiedad	Unidad de medida	Suelo	VCC
Densidad aparente	g cm <sup>-3</sup>	1.05	---
pH	---	4.36	8.01
Capacidad de intercambio catiónico	cmol kg <sup>-1</sup>	13.02	36.40
Carbono orgánico	%	1.40	28.86
Nitrógeno total	%	0.11	3.14
Relación C:N	C/N	12.72	9.19
Fósforo	mg kg <sup>-1</sup>	25.03	507.59
Potasio	mg kg <sup>-1</sup>	58.02	1442.76
Calcio	mg kg <sup>-1</sup>	562.30	8506.89
Magnesio	mg kg <sup>-1</sup>	196.34	669.21

Las propiedades del suelo y del vermicompost, se determinaron en el laboratorio de suelos antes de iniciar el experimento. Se determinó la densidad aparente (método de la parafina), pH (potenciómetro HANNA 8521), capacidad de intercambio catiónico (cloruro de bario), C orgánico (Walkley y Black), N (micro Kjeldahl), relación C:N, P Bray y Kurtz), K (flamómetro), Ca (método del jabón) y Mg (amarillo titán).



Ilustración 24 Determinación de N

La aplicación del vermicompost se realizó en tres momentos:

- a) una semana antes de la siembra del maíz (se aplicó en el suelo a una profundidad de 15 cm), b) en el primer aporque, 45 días después de la siembra
- c) en el segundo aporque, 75 días después de la siembra



Ilustración 25 Aplicación de vermicompost al cultivo de maíz

La fertilización convencional (FC) se realizara con 120 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>, 80 kg de fósforo ha<sup>-1</sup> y 30 kg de potasio ha<sup>-1</sup> (120N–60P–30K): se aplicara 50% de nitrógeno y la totalidad de fósforo y potasio en la siembra y el nitrógeno restante se incorporara al suelo con la segunda labor cultural.

### 6.1.2. Diseño experimental y tratamientos

El diseño experimental fue completamente al azar, con cuatro repeticiones. Los tratamientos fueron

T1) Fertilización convencional (FC) al 100%,

T2) Fertilización con vermicompost de *Eisenia foetida* alimentada con estiércol de cabras (VCC) utilizando una densidad de (1.5 kg m<sup>2</sup>)

T3) Fertilización con vermicompost de *Eisenia foetida* alimentada con estiércol de cabras (VCC) utilizando una densidad de (3 kg m<sup>2</sup>).

La unidad experimental fue una parcela de 2.0 m de ancho y 10 m de largo, con 2 surcos cada parcela y como parcela útil se consideraron las plantas de los 5 metros centrales.

### 6.1.3. Variables a evaluar

- **Altura de la planta:** Se determinó midiendo desde el nivel del suelo, hasta el ápice de la espiga de la planta.



Ilustración 26. Medición de la altura de la planta

**Diámetro del tallo:** Se determinó midiendo el tallo por su perfil más delgado, usando un vernier marca GENERAL. El punto de medición se ubicó 4 cm arriba del nivel del suelo.



Ilustración 27. Medición de diámetro del tallo

La altura de la planta y el diámetro del tallo se midió cuando las plantas habían terminado el crecimiento reproductivo.



Ilustración 28. Planta de maíz en la etapa de finalización de crecimiento.

- **Rendimiento.** Se obtuvo por unidad experimental, y se calculó el rendimiento en  $\text{kg ha}^{-1}$ . La cosecha se realizó en el mes de enero cuando las mazorcas ya estaban secas.

#### 6.1.4. Análisis estadístico

Los datos se analizaron en el programa MINITAB, se realizó un ANOVA, y la comparación de medias se realizó con la prueba de Toker ( $P < 0.05$ ).

## VII. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 Altura y diametro del tallo.

En la tabla 10 se muestra que el vermicompost utilizado a una tasa de 1.5 kg m<sup>2</sup>, presentó los menores valores de altura de la planta y diámetro del tallo. El T1 (fertilización convencional) y T3 (3 kg m<sup>2</sup> de vermicompost) no presentaron diferencias significativas ( $p \geq 0.05$ ). Lo anterior sugiere que el T1 y T3 suplieron las necesidades del cultivo de forma similar; mientras que, con el T2, se manifestaron deficiencias de nutrientes. Esto pudo deberse a que la densidad de 1.5 kg m<sup>2</sup>, no cumplió con los requerimientos de nutrientes para el crecimiento y producción en la planta de maíz. Los abonos orgánicos no alcanzan a cubrir las necesidades nutritivas de los cultivos, por lo que se requieren aplicaciones de abonos orgánicos en grandes cantidades (Hernández *et al.*, 2014).

Tabla 5 Características de crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz, con tres tratamientos de fertilización

<b>Tratamientos</b>	<b>Altura de la planta (m)</b>	<b>Diámetro del tallo (cm)</b>	<b>Rendimiento de grano de maíz (kg ha-1)</b>
T1:FC	2.34 a	2.58 a	2580 a
T2:VCC1.5	1.87 b	2.20 b	2441 b
T3:VCC3	2.21 a	2.52 a	2705 a

Valores con diferente letra en una columna son estadísticamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ); FC= Fertilización convencional  
VCC1.5 y VCC3= Vermicompost de estiércol de caprinos, en las dosis de 1.5 y 3 kg m<sup>2</sup>, respectivamente.

## 7.2. Rendimiento del grano de maíz

El rendimiento de grano de maíz, obtenido con fertilización convencional fue de 2580 kg/ha similar al T3 (3.0 kg de vermicompost /m<sup>2</sup>). En un experimento similar, el tratamiento de fertilización inorgánica (120-40-00 de N-P-K) tuvo un rendimiento de grano de maíz de 6.05 t ha<sup>-1</sup> y el compost de estiércol pecuario mostró similares resultados (5.66 t ha<sup>-1</sup>). Con base a lo anterior se concluyó que el compost de estiércoles pecuarios con dosis de 20 a 30 t ha<sup>-1</sup>, es una alternativa para sustituir a la fertilización inorgánica (López-Martínez *et al.* 2001).



Álvarez-Solís *et al.* (2010) encontraron que el rendimiento de grano de maíz varió de 2 152 a 3 616 kg ha<sup>-1</sup>; el valor más bajo fue para la dosis baja de fertilización convencional (60–30 de N–P) sin abonos orgánicos y el más alto para la dosis alta de fertilización convencional (120–60 de N–P) + vermicompost (6 t ha<sup>-1</sup>). Jouquet *et al.* (2015) aplicaron fertilización química (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O= 40 g m<sup>2</sup>, K<sub>2</sub>O= 16 g m<sup>2</sup> y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>= 50 g m<sup>2</sup>) + vermicompost (20 t ha<sup>-1</sup>) en el cultivo de maíz. Con la adición de vermicompost obtuvieron los mejores resultados de rendimiento de maíz (4.7 t ha<sup>-1</sup>) en comparación con la fertilización convencional (3.2 t ha<sup>-1</sup>), la biomasa de las plantas siguió un comportamiento similar. Estos resultados favorables con la aplicación de vermicompost pudieron deberse a que en esos experimentos se aplicó fertilización combinada orgánica e inorgánica.

## VIII. CONCLUSIÓN

La aplicación de vermicompost en dosis de (3 kg m<sup>2</sup>) fue similar al comportamiento agronómico del maíz criollo (altura de la planta, diametro del tallo y rendimiento de grano) comparado con el fertilizante convencional. Por lo cual la utilización de los abonos orgánicos como el vermicompost de *Eisenia foetida* alimentada con heces de caprinos, es una alternativa agroecológica para la producción de maíz criollo en la Unidad de producción campesina de El Peñon, Temascaltepec en el Sur del Estado de México.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Abawi, G. S. y H. O. Thurston. 1994. Efecto de las coberturas y enmiendas orgánicas al suelo y de los cultivos de cobertura sobre los patógenos del suelo y las enfermedades radicales. Una revisión. pp. 97-108. In: Tapado: los sistemas de siembra con cobertura. CATIE-CIIFAD. Ithaca, NY, USA
- Abduli, M. A., L. Amiri, E. Madadian, S. Gitipour, and S. Sedighian. 2013. Efficiency of Vermicompost on Quantitative and Qualitative Growth of Tomato Plants Int. J. Environ. Res. 7: 467-472.
- Aguilar-Benítez, G., C. B. Peña-Valdivia<sup>1</sup>, J. R. García-Nava, P. Ramírez-Vallejo, S. G. Benedicto-Valdés, J. D. Molina-Galán. 2012. Rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en relación con la concentración de vermicompost y déficit de humedad en el sustrato. *Agrociencia* 46: 37-50.
- Aguilera G. 2012. Interrelación entre fósforo, *Bacillus subtilis* y *Glomus fasciculatum* con localidad en *Lilium*. *Phyton-Int. J. Exp. Bot.* 81: 59-68.
- Álvarez-Solís, J. D., D. A. Gómez-Velasco, N. S. León-Martínez, y F. A. Gutiérrez-Miceli. 2010.
- Astier-Calderón M., M. Maass-Moreno y J. Etchevers-Barra. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36: 605-620.
- Bhardwaj, D., M. W. Ansari, R. K. Sahoo, and N. Tuteja. 2014. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microb. Cell Fact.* 13: 66-76.
- Black Soil Fertility and Maize Yield. *J. Northeast Agric. Univ.* 18: 24-29.
- Butler, D. M., N. M. Ranells, D. H. Franklin, M. H. Poore, and J. T. Green. 2007. Ground cover impacts on nitrogen export from manured riparian pasture. *J. Environ. Qual.* 36: 155-162.
- Capulín-Grande, J., R. Núñez-Escobar, J. D. Etchevers-Barra y G. A. Baca-Castillo. 2001. Evaluación del extracto líquido de estiércol bovino como insumo de nutrición vegetal en hidroponía. *Agrociencia* 35: 287-299

Castellanos R., J. Z., J. Etchevers B., A. Aguilar S. y R. Salinas J. 1996. Efecto de largo plazo de la aplicación de estiércol de ganado lechero sobre el rendimiento de forrajes y las propiedades de un suelo en una región irrigada del norte de México. *Terra* 14: 151-158.

Cerrato, M. E., H. A. Leblanc y C. Kameko. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de Bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical* 3: 183-197.

Ciampitti A. I.; Garcia O. F. 2007 "Requerimientos nutricionales. absorcion y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. i. Cereales, oleaginosos e industriales" archivo agroquímico. Núm., 11 Instituto Nacional de Nutrición en las Plantas. Disponible en <http://www.ipni.net>

Compost Improves the Quality of Intensively Cultivated Agricultural Soils. *Land Degrad. CONABIO*: <https://bit.ly/2EAEAFA>

CONABIO. 2016. La milpa. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/sistemas-productivos/milpa>. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Cd. de México. México.

Contenido: Mahelet Lozada Aranda y Alejandro Ponce Mendoza

Dalila Carreño Goula Especialistas en la Industria Alimenticia

<https://goula.lat/asi-pretende-mexico-salvar-a-su-maiz-nativo>

Demelash, N., W. Bayu, S. Tesfaye, F. Ziadat, and R. Sommer. 2014. Current and residual effects of compost and inorganic fertilizer on wheat and soil chemical properties. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 100: 357-367.

Demelash, N., W. Bayu, S. Tesfaye, F. Ziadat, and R. Sommer. 2014. Current and residual effects of compost and inorganic fertilizer on wheat and soil chemical properties. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 100: 357-367.

*Develop.* 27: 449-459.

Doan, T. T., D. M. Jusselme, J. C. Lata, B. V. Nguyen, and P. Jouquet. 2013a. The earthworm species *Metaphire posthuma* modulates the effect of organic

- amendments (compost vs vermicompost from buffalo manure) on soil microbial properties. A laboratory experiment. *Eur. J. Soil Biol.* 59: 15-21.
- Doan, T. T., P. T. Ngo, C. Rumpel, B. V. Nguyene, and P. Juoquet. 2013b. Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield: A one-year greenhouse experiment. *Sci. Hortic.* 160: 148-154.
- Doan, T. T., T. Henry-des-Tureaux, C. Rumpel, J. Janeau, and P. Juoquet. 2015. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Sci. Total Environ.* 514:147-154.
- Espinosa A.; Sierra M.; González; Betanzos E.; Caballero F.; Coutiño B.; Palafox A.; Rodríguez F.; García A.; Cano O. 2003 "Tecnología y producción de semillas de híbridos y variedades sobresalientes de maíz de calidad de proteínica (qpm) en México". *Agronomía mesoamericana*, Núm. Sin mes, pp 223-228.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1991. Manejo del suelo: producción y uso del compostaje en ambientes tropicales y subtropicales. *Boletín* (56): 180. Roma, Italia
- FAO: <https://bit.ly/2S8eFci> septiembre 2018. Nota FAO: Los datos son un agregado que puede incluir datos oficiales, semi-oficiales, estimados o calculados, según informan los países.
- Fernando O. García NPOFOS/PPI/PPIC Cono Sur Av. Santa Fe 910 – (B1641ABO) Acassuso – Argentina Disponible en: <http://www.fertilizando.com/articulos/criterios-manejo-fertilizacion-cultivo-maiz.pdf>
- Ferrera-Cerrato, R. y Alarcón, A., 2007. *Microbiología agrícola*. Trillas. México, D.F. pp. 85-88,170-173.
- Fortis H., M., J. A. Leos R., I. Orona C., J. L. García H., E. Salazar S., P. Preciado R., J. A. Orozco V. y M. A. Segura C. 2009. Uso de estiércol en la Comarca Lagunera. pp. 104-127. In: *Libro de Agricultura Orgánica*. I. Orona C., E. Salazar S., M. Fortis H., H.I. Trejo E., y C. Vázquez V. (eds.). FAZ-UJED. Gómez Palacio, Durango. México.

Franzlubbers A. J. and M. A. Arshad 1997. Particulate organic carbon content and potential Imineralization as affected by tillage and texture. Soil Sci. Soc. Am. J. 61: 1382-1386.

Fundación Produce Nayarit.  
<http://fupronay.org.mx/folleto%20tecnico/LOMBRICOMPOSTA%20INF.pdf>

González A.; Islas J.; Espinosa A.; Vázquez J.; A. Wood S (2008) "Impacto económico del mejoramiento genético del maíz en México" Publicación Especial No. 25 INAFAP México p. 88.

Guevara E., A., G. Bárcenas H., F. R. Salazar M, E. González S. y H. Suzán A. 2005. Alta densidad de siembra en la producción de maíz con irrigación por goteo subsuperficial. Agrociencia 39: 431-439.

Guzmán, G., M. González y E. Sevilla 2000. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. pp: 45, 46,274, 275.

Guzmán, J. Septiembre 2018. Reporte de Investigación: El consumo de alimentos con base en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos (ENIGH) 2016. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural y la Soberanía Alimentaria (CEDRSSA), Cámara de Diputados LXIV Legislatura.

Hermosa, R., A. Viterbo, I. Chet and E. Monte. 2012. Plant beneficial effects of Trichoderma andof its genes. Microbiology 158: 17-25.

Hernández, O. L., A. Calderín., R. Huelva, D. Martínez-Balmori, F. Guridi, N.O Aguiar, F. L. Olivares, and L. P. Canellas. 2015. Humic substances from vermicompost enhance urban lettuce production. Agron. Sustain. Dev. 35: 225-232.

<http://www.monografias.com/trabajos87/crianza-lombriz-roja-californiana/crianza-lombriz-roja-californiana2.shtml#ixzz3c2MPHLTq>

<https://expansion.mx/salud/2010/09/29/el-maiz-pilar-de-la-alimentacion-mundial>

<https://inta.gob.ar/noticias/alimentacion-animal-una-opcion-para-utilizar-el-maiz-conservado>

<https://www.caracteristicas.co/maiz/#ixzz6xLA6EFbl>

<https://www.importancia.org/maiz.php>

INEGI "Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de los Hogares 2016" <https://bit.ly/2rIM8nP>

Jorge Alejandro BARRETO 2019)

Jouquet, E. P., E. Bloquel, T. T. Doan, M. Ricoy, D. Orange, C. Rumpel, and T. T. Duc. 2011. Do Compost and Vermicompost Improve Macronutrient Retention and Plant Growth in Degraded

Kato T A, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (2009) Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. 116 p. [ [Links](#) ]

Kloepper J. W., R. Choong-Min and Z. Shouan. 2004. Induced systemic resistance and promotion of plant growth by *Bacillus* spp. *Phytopathology* 94: 1259-1266.

Lampkin, N., 1998. *Agricultura ecológica*. Mundi Prensa. Madrid. pp: 1-123.

López M., J. D., A. Díaz E., E. Martínez R. y R. D. Valdez C. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento de maíz. *Terra* 19: 293-299.

López-Martínez, J. D., A. Díaz, E. Martínez y R. Valdez. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*. 19: 293-299.

Lynch, P. J. 2007. "Roost of second green revolution" *Australian Journal of Botany*, pp.493.

Mandujano B. A.; Paredes M. R.; Alamilla G. M. P.; Buenrostro R. J. F. 2013. "Guía técnica para la producción de maíz, frijol, trigo y sorgo en Guanajuato" Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agropecuarias y Pecuarias. Libro Técnico No. 4. ed 1ª. Agosto.

Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44:

Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural de la Organización de las Naciones Unidas Para la Agricultura y la Alimentación FAO.

Martínez H., E., J. P. Fuentes E. y E. Acevedo H. 2008. Carbono orgánico y propiedades del suelo. *J. Soil Sc. Plant Nutr.* 8:68-96.

Mera-Ovando L M, C Mapes-Sánchez (2009) El maíz. Aspectos biológicos. In: Origen y Diversificación del Maíz: Una Revisión Analítica. T A Kato, C Mapes, L M Mera, J A Serratos, R A Bye (eds). Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. D.F., México. pp:19-32. [ [Links](#) ]

Moreno M. T., E. Carmona, A. Santiago, J. Ordovás, and A. Delgado. 2016. Olive Husk Navarrete A., G. Vela, J. López y M. L. Rodríguez. 2011. Naturaleza y utilidad de los indicadores de calidad del suelo. *ContactoS* 80: 29-37.

*Nutr.* 8: 10-29.

Nyamangara, J., L.F. Bergstrom, M.I. Piha, K.E Giller. 2003. Fertilizer use efficiency and nitrate leaching in a Tropical Sandy Soil. *J. Environ. Qual.* 32: 599-606.

Pareek, P K., P. Bhatnagar, J. Singh, M. C. Jain, and M.K. Sharma. 2015. Nitrogen and Pérez, A., C. Céspedes, y P. Núñez. 2008. Caracterización física-química y biológica de abonos orgánicos aplicadas en la producción de cultivos en República Dominicana. *J. Soil Sc. Plant* pp. 1–45.

Rodríguez, D., N, P. Cano R., U. Figueroa V., A. Palomo G., E. Favela C., V. P. Álvarez R., C. Márquez H. y A. Moreno R. 2008. Producción de tomate en invernadero con humus de lombriz como sustrato. *Rev. Fitotec. Mex.* 31: 265-272.

Rubí A. M. A González H., V Olalde P., B.G. Reyes R., A.M. Castillo G., D.J. Pérez L. y L.I.

SAGARPA dirigido por: Ing. Claudia Martínez Cerdas disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Lombricultura.pdf>

Sagarpa-SIAP. Boletín mensual, Balanza disponibilidad-consumo. Septiembre 2018. <https://bit.ly/2Rct8XA>

Sanchez Albarran 2012 <https://sites.google.com/site/maiztrangenicoenmexico/-que-es-el-maiz-trasgenico/ventajas-y-desventajas-de-su-uso>

Sánchez J J, M M Goodman, C W Stuber (2000) Isozymatic and morphological diversity in the races of maize of Mexico. *Econ.c Bot-* 54:43-59. [ [Links](#) ]

SEDEMA 2012. Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-020-AMBT-2011. Requerimientos mínimos para la producción de composta a partir de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, agrícolas, pecuarios y forestales, así como las especificaciones mínimas de calidad de la composta producida y/o distribuida en el distrito federal. Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Gaceta Oficial del Distrito Federal. 30 de noviembre de 2012.

Serna-Saldívar S O, C A Amaya-Guerra (2008) El papel de la tortilla nixtamalizada en la nutrición y la alimentación. In: Nixtamalización del Maíz a la Tortilla. Aspectos Nutrimientales y Toxicológicos. M E Rodríguez-García, S O Serna-Saldívar, F Sánchez-Sinencio (eds). Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro, México. pp:105-151. [ [Links](#) ]

Serrato S., R., A. Ortiz A., J. D. López y S. Berúmen P. 2002. Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra* 20: 329-336

Simpson, A.J., G. Song, E. smith, B. Lam, E. H. Novotny, M.H.B. Hayes. 2007. Unraveling the Structural components of soil humin by use of solution-state nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Environ. Sci. Technol.* 41: 876-883.

SMA. 2006. Norma Técnica Estatal Ambiental NTEA-006-SMA-RS-2006. Requisitos para la producción de los mejoradores de suelos elaborados a partir de residuos orgánicos. Secretaria de Medio Ambiente. Gaceta del Gobierno. 9 de octubre de 2006.

Tejada, M., C García, J.L. González and M.T. Hernández. 2006. Organic amendment based on fresh and composted beet vinasse: influence on soil properties and wheat yield. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70: 900-908.

- Terranova. 1995. "producción Agrícola 1" Edit. Terranova Bogotá Colombia, pp.110-112
- Thangarajan, R., N. S. Bolan, G. Tian, R. Naidu, and A. Kunhikrishnan. 2013. Role of organic amendment application on greenhouse gas emission from soil. *Sci. Total Environ.* 465: 72-96.
- Thangarajan, R., N. S. Bolan, G. Tian, R. Naidu, and A. Kunhikrishnan. 2013. Role of organic amendment application on greenhouse gas emission from soil. *Sci. Total Environ.* 465: 72-96.
- Tiltson, E. L., D. Pitt, and A. C. Groenhof. 2002. Composted recycles organic matter suppresses soil-borne diseases of feeld crops. *New Phytol.* 154:731-740.
- Tropical Soils? *Compost Sci. Util.* 19: 15-24.
- Turren F. A. 2009. "El potencial productivo de maiz" Instituto Nacional de investigaciones Forestalers Agricolas y pecuarias. *Ciencias* pp. 126-129.
- Turrent-Fernández A, J I Cortés-Flores, A Espinosa-Calderón, H Mejía-Andrade, J A Serratos-Hernández (2010) ¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico? *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 1:631-646. [ [Links](#) ]
- Turrent-Fernández A, J I Cortés-Flores, A Espinosa-Calderón, H Mejía-Andrade, J A Serratos-Hernández (2010) ¿Es ventajosa para México la tecnología actual de maíz transgénico? *Rev. Mex. Cien. Agríc.* 1:631-646. [ [Links](#) ]
- Turrent-Fernández A, T A Wise, E Garvey (2012) Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. *Mex. Rural Develop. Res. Rep.* 24:1-36. [ [Links](#) ]
- Turrent-Fernández A, T A Wise, E Garvey (2012) Factibilidad de alcanzar el potencial productivo de maíz de México. *Mex. Rural Develop. Res. Rep.* 24:1-36. [ [Links](#) ]
- Universidad Técnica "Luis Vargas Torres" Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales Escuela de Ciencias Forestales y Ambientales. Disponible en:
- Verma, S., A. Sharma, R. Kumar, C. Kaur, A. Arora, R. Shah., and L. Nain. 2015. Improvement of antioxidant and defense properties of Tomato (var. Pusa Rohini) by application of bioaugmented compost. *Saudi J. Biol. Sci.* 22: 256-264.
- Vermicompost Interaction on Soil and Leaf Nutrient Status of Kinnow Mandarin in Vertisols of Jhalawar District. *J. Plant Nutr.* 39: 942-948.

Weil, R.R. and F. Magdoff. 2004. Significance of soil organic matter to soil quality and health. Magdoff, D. and Weil, R.R. (Eds.). Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press,

Weil, R.R. and F. Magdoff. 2004. Significance of soil organic matter to soil quality and health. Magdoff, D. and Weil, R.R. (Eds.). Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture. CRC Press, pp. 1–45.

Zhao J., and L. Zhou. 2011. Combined Application of Organic and Inorganic Fertilizers on