

## **Bioinoculantes y Abonos Orgánicos en la Producción de Maíz Forrajero** **Bioinoculants and Organic Fertilizers in the Production of Silage Corn**

María A. Ávalos de la Cruz<sup>1</sup>, Uriel Figueroa Viramontes<sup>2</sup>, José L. García Hernández<sup>2</sup>, Cirilo Vázquez Vázquez<sup>2</sup>, Miguel A. Gallegos Robles<sup>2</sup> e Ignacio Orona Castillo<sup>3</sup>

**Palabras clave:** materia orgánica; estiércol; vermicompost; nitrógeno; fósforo

**Keywords:** organic matter; manure; vermicompost; nitrogen; phosphorus

Recepción: 06-12-2017 / Aceptación: 13-03-2018

### **Resumen**

**Introducción:** La producción de forrajes en la Comarca Lagunera se realiza de forma intensiva, por lo que no hay un intervalo de tiempo que le permita al suelo recuperarse. El cultivo de maíz forrajero en esta región es el segundo en importancia, por lo que es imprescindible buscar estrategias que nos permitan recuperar la calidad de los suelos sin que el rendimiento se vea afectado.

**Método:** Se evaluó la producción de maíz forrajero con el híbrido P3258W de Pioneer. Se usó un bioinoculante comercial para suelo con dosis de 0, 20 y 40 l ha<sup>-1</sup>, en combinación con siete fuentes de fertilizante: vermicompost en 5 y 10 t ha<sup>-1</sup>, estiércol de bovino lechero en 80 t ha<sup>-1</sup>, fertilizante inorgánico (191-75-30 de NPK), un fertilizante comercial orgánico a dosis de 2.5 y 5 l ha<sup>-1</sup> y el testigo. El diseño experimental fue en bloques al azar, con arreglo de tratamientos en parcelas divididas, donde la parcela mayor fue el bioinoculante y la parcela menor la fuente de fertilización. Las variables que se evaluaron fueron rendimiento de forraje verde y seco, altura de planta a la cosecha; antes y después de la cosecha se evaluó en muestras de suelo: materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, nitrógeno inorgánico y fósforo. En muestras de planta tomadas en la cosecha se determinó nitrógeno y fósforo totales.

**Resultados:** Hubo diferencia significativa en cuanto al rendimiento respecto a la fuente de fertilizante y el mejor tratamiento fue donde se aplicó estiércol a una dosis de 80 t ha<sup>-1</sup>. En las características del suelo: materia orgánica, nitrógeno y fósforo se observaron diferencias significativas entre dosis de bioinoculante del suelo y entre fuentes de fertilizante. Para el nitrógeno en planta, las diferencias fueron significativas entre dosis de bioinoculante del suelo y entre fuentes de fertilizante. En la concentración de fósforo en planta, el análisis mostró una interacción significativa entre dosis de bioinoculante del suelo y fuentes de fertilizante.

<sup>1</sup>Doctorado DICAF, Facultad de Agricultura y Zootecnia, Universidad Juárez del Estado de Durango, Gómez Palacio, Durango

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, agrícolas y pecuarias (INIFAP), Matamoros, Coahuila. E-mail: [figueroa.uriel@inifap.gob.mx](mailto:figueroa.uriel@inifap.gob.mx)

© Universidad De La Salle Bajío (México)

**Conclusión:** Se puede llevar a cabo la producción de maíz forrajero utilizando bioinoculantes y abonos orgánicos sin que el rendimiento se vea afectado y se favorece el contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en el suelo.

## **Abstract**

**Introduction:** The forage production in the Comarca Lagunera is intensive, so there is not enough time that allows the soil to recover. Silage corn crop in this region is second in importance with respect to the harvested area; that is why it is essential to search for strategies to recover the quality of the soils without affecting the yield.

**Method:** The production of silage corn was evaluated with the hybrid P3258W, from Pioneer. A commercial bio-inoculant was applied to the soil at doses of 0, 20 and 40 l ha<sup>-1</sup>, in combination with seven sources of fertilizer: vermicompost at 5 and 10 t ha<sup>-1</sup>, dairy cow manure in 80 t ha<sup>-1</sup>, inorganic fertilizer (191-75-30 NPK), and a commercial organic fertilizer at doses of 2.5 and 5 l ha<sup>-1</sup> and the control. The experimental design was in randomized blocks, and the treatments in a split-plot arrangement, where the main plot was the bio-inoculant and the subplot was the source of fertilization. The variables evaluated were fresh and dry forage yield, plant height at harvest; soil samples taken after the harvest were evaluated for: organic matter, pH, electrical conductivity, inorganic nitrogen and phosphorus. In plant samples taken at harvest, total nitrogen and phosphorus were determined.

**Results:** There was significant differences in yield with respect to the fertilizer source and the best treatment was manure applied at a dose of 80 t ha<sup>-1</sup>. In the characteristics of the soil: organic matter, nitrogen and phosphorus showed significant differences among doses of soil bio-innoculant and among fertilizer sources. For plant nitrogen, differences were significant among doses of bio-inoculant and among fertilizer sources. In the case of plant phosphorus, the analysis showed a significant interaction among doses of bio-inoculant and fertilizer sources.

**Conclusion:** The production of silage corn can be carried out using bio-inoculants and organic fertilizers without affecting the yield and improving the content of organic matter, nitrogen phosphorus in the soil.

## **Introducción**

El maíz es uno de los cereales más importantes no sólo para consumo humano, ya que también se emplea en la alimentación animal, ya sea en grano, forraje verde o ensilaje (Zamora *et al.*, 2007). Para poder satisfacer la demanda de maíz como forraje, es necesario considerar la sostenibilidad en la producción, aun así, investigaciones indican que la pérdida de la fertilidad del suelo ha aumentado. (López *et al.*, 2001; Salazar *et al.*, 2010; Arry *et al.*, 2016). La Comarca Lagunera concentra el mayor inventario de bovino lechero en México, con 423,000 cabezas de ganado, el cual es alimentado principalmente con alfalfa, silo de maíz y concentrados (Fortis *et al.*, 2009; Figueroa *et al.*, 2015; Yescas *et al.*, 2015). Acorde con la actividad ganadera de la Comarca Lagunera, en promedio de 1999 al 2011, el 65% de una superficie agrícola de 150,000 ha se cosecharon con cultivos forrajeros, siendo los más importantes alfalfa, maíz, sorgo y avena (López *et al.*, 2013; López *et al.*, 2015), ocupando el maíz aproximadamente el 31 % de esta superficie (CONAGUA 2010; Montemayor *et al.*, 2012). Solo el ganado lechero produce 842,000 t año<sup>-1</sup> de estiércol en peso seco, el cual es incorporado al suelo en dosis excesivas de 100 a más de 200 t ha<sup>-1</sup> (Figueroa *et al.*, 2010), lo que provoca riesgos de contaminación por nitratos en el agua subterránea (Martínez *et al.*, 2006); además, el estiércol se aplica sin algún tratamiento previo como el composteo, lo que puede ocasionar riesgos a la salud humana, por los patógenos que contiene.

Los ecosistemas terrestres, incluyendo los suelos agrícolas, dependen en gran medida de la actividad microbiana del suelo y de los ciclos bioquímicos de los nutrientes. Los microorganismos benéficos del suelo, como algunos de los géneros *Bacillus*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Saccharomyces*, entre otros, intervienen en diversas funciones esenciales para las plantas: facilitan la captación de agua, producen fitohormonas, incrementan la tolerancia a la sequía y salinidad, protegen a la planta contra organismos patógenos, mejoran la estructura del suelo y descomponen sustancias tóxicas (Garza *et al.*, 2003). Además, los microorganismos del suelo son importantes en la solubilización de minerales y nutrientes, y contribuyen al mantenimiento de la calidad del suelo (Loreto *et al.*, 2004). El creciente interés por desarrollar una agricultura de bajo consumo de agroquímicos, la mayor concientización sobre el cuidado del medio ambiente, aunado al alto costo y baja eficiencia de los fertilizantes inorgánicos, han contribuido a que los agricultores vean como buena alternativa la aplicación de los inoculantes biológicos y abonos orgánicos (Umesha *et al.*, 2014).

Los bioinoculantes son preparados de microorganismos que se aplican al suelo con el fin de sustituir parcial o totalmente la fertilización inorgánica (Bojórquez *et al.*, 2010). En México, el mayor impacto de los bioinoculantes fue en los años 70's y 80's con la fijación biológica de nitrógeno en soya y garbanzo, donde se logró sustituir la fertilización nitrogenada en Sinaloa. La respuesta a los bioinoculantes varía considerablemente, dependiendo de los microorganismos, tipo de suelo, especies de plantas y condiciones ambientales. Los microorganismos aplicados compiten con una micro flora nativa mejor adaptada a condiciones ambientales adversas, como falta de humedad, alta salinidad o pH extremos (Bojórquez *et al.*, 2010).

La capacidad de suplementar nutrientes por abonos orgánicos a los cultivos depende de las propiedades de la materia prima, proceso de elaboración, grado de mineralización de los materiales y condiciones imperantes en el suelo para su consecuente descomposición (Saldaña *et al.*, 2014). Los abonos orgánicos pueden prevenir, controlar e influir en la severidad de enfermedades provocadas por patógenos del suelo; además, sirven como fertilizantes y mejoradores del suelo (Fortis *et al.*, 2009). Dado que el estiércol contiene grandes cantidades de compuestos orgánicos de fácil descomposición, su adición al suelo casi siempre resulta en un aumento en la actividad biológica; en general, esto incrementa la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, la velocidad de infiltración, la conductividad hidráulica y la retención de agua (Sánchez *et al.*, 2002; Fortis *et al.*, 2009). Los suelos agrícolas de la Comarca Lagunera están sometidos a una agricultura intensiva, donde se producen hasta tres cultivos por año, con un uso excesivo de nutrientes (fertilizantes inorgánicos más estiércol) y una labranza mecánica intensa. El uso de bioinoculantes y abonos orgánicos puede contribuir a reducir el uso de fertilizantes inorgánicos y otros agroquímicos, contribuyendo de esta manera a una mejor calidad de suelo y mayor productividad de los cultivos. El objetivo fue evaluar el efecto de bioinoculantes comerciales y abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero y en las propiedades físico-químicas del suelo.

### **Método**

Este trabajo se llevó a cabo durante el ciclo agrícola primavera-verano 2016, en la Pequeña Propiedad El Trébol en el municipio de Francisco I. Madero, Coahuila. El suelo donde se estableció el experimento es de textura franco arcillo limoso, con pH de 7.98, conductividad eléctrica (CE) de 1.1 dS m<sup>-1</sup>, materia orgánica (MO) de 1.29%, con 35.3 mg kg<sup>-1</sup> de N inorgánico (amonio + nitrato) y 6.4 mg kg<sup>-1</sup> de P aprovechable determinado por el método de Olsen. Se utilizó un arreglo

de parcelas divididas y distribución en bloques completos al azar, con tres repeticiones. En la parcela mayor se aplicó un bioinoculante para suelo que contiene: *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Streptococcus*, *Rhodoseudomonas*, *Rhodobacter*, *Saccharomyces* (marca Blue Life, Brio AgroScience S.A.) a tres niveles (0, 20 y 40 l ha<sup>-1</sup>); en la parcela menor se aplicaron tres fuentes de fertilización: 1) vermicompost a dosis de 5 (V5) y 10 (V10) t ha<sup>-1</sup>; 2) estiércol bovino a una dosis de 80 t ha<sup>-1</sup>; 3) fertilizante orgánico comercial (Blue 76, Brio AgroScience S.A.) con 32% de ácidos húmicos y fúlvicos, en dosis de 2.5 (B76-2.5) y 5 (B76-5.0) l ha<sup>-1</sup>; 4) fertilizante inorgánico a una dosis de 191-75-30 kg ha<sup>-1</sup> de N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O, con urea, fosfato monoamónico y cloruro de potasio como fuentes; y 5) testigo sin fertilizar. La dosis de estiércol se estimó para aportar alrededor de 200 kg ha<sup>-1</sup> de N aprovechable, con base en el contenido de N (1.15%), asumiendo una tasa de mineralización de 45% y una eficiencia de uso del N de 70% (Figuroa *et al.*, 2010). Los resultados del análisis de los abonos orgánicos se anotan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Algunas propiedades químicas y contenido de nutrientes de los abonos orgánicos utilizados en el presente estudio.

Parámetro	Unidades	Estiércol	Vermicompost
Humedad	%	30	18
pH		8.9	9.2
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	2.4	1.9
Nitrógeno	%	1.15	0.99
Fósforo	%	0.57	1.28
Potasio	%	1.02	1.53
Calcio	%	1.35	4.02

Cada unidad experimental fue de ocho surcos separados a 0.75 m, por 6 m de largo. La siembra se realizó el 28 de abril de 2016 con el híbrido P3258W (Pioneer), con una densidad de siembra de 8 semillas por m lineal (101 semillas ha<sup>-1</sup>). Previo a la siembra, los abonos orgánicos fueron esparcidos manualmente en las parcelas chicas, de acuerdo con las dosis; luego se aplicó el bioinoculante e inmediatamente después se realizó el riego de aniego o pre siembra. La fertilización inorgánica fue distribuida en tres aplicaciones: 16% del N mas todo el P y todo el K se aplicaron a la siembra, 60% del N se aplicó antes del primer riego de auxilio, 30 días después de la siembra (dds), y el 25% restante de N se aplicó antes del segundo riego, 48 dds. Después del riego de pre siembra se dio un riego a los 15 dds y cuatro riegos más con un intervalo de 18 días entre cada uno. Se realizaron dos aplicaciones de insecticidas: clorantraniliprol, con una dosis de 100 ml ha<sup>-1</sup>, para el control de gusano cogollero, y abamectina a 500 ml ha<sup>-1</sup>, para control de la araña roja.

Previo a la aplicación de los tratamientos, se tomó una muestra compuesta de suelo en el lote experimental, a una profundidad de 0-30 cm; después de la cosecha se tomaron muestras compuestas por cada parcela experimental. En ambos casos se analizó: MO, pH, CE, N inorgánico y P, todos con base en la Norma Oficial Mexicana NOM-021-SEMARNAT-2000 (SEMARNAT, 2000).

La cosecha se hizo de forma manual, cuando la maduración del grano estaba aproximadamente en un tercio de avance de la línea de leche, a los 102 dds. Se tomaron los dos surcos centrales de cada unidad experimental, se cortaron las plantas de cuatro metros lineales de cada surco para evitar el efecto de orilla y se determinó el rendimiento de forraje verde (RFV). El porcentaje de materia seca (MS) se determinó en muestras representativas de cinco plantas cada parcela, secadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65° C hasta peso constante. El rendimiento de forraje seco (RFS) se estimó con el valor de forraje verde y el porcentaje de MS. La altura de las plantas se evaluó al momento de la cosecha, midiendo 10 plantas representativas de cada parcela. La muestra de planta donde se determinó la MS se molió y se determinó la concentración de N y P. el N se analizó mediante espectroscopía de reflectancia de infrarrojo cercano (NIR), mientras que el P se analizó por digestión seca y espectrofotometría de rango visible, con molibdato de amonio-meta vanadato (Jones, 2001).

Los datos se examinaron mediante un análisis de varianza (ANAVA) para un diseño de parcelas divididas en bloques al azar; también se hizo una comparación de medias de los tratamientos utilizando la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) de Fisher.

## **Resultados**

### **Análisis inicial de suelo**

El análisis inicial de suelo indica que la MO es baja, es un suelo medianamente alcalino y ligeramente salino, con concentraciones medias de N y P (Cuadro 2). Las características de MO y pH son típicas de suelos de zonas áridas del Norte de México, donde se ubica la Región Lagunera.

**Cuadro 2.** Análisis de suelo del predio donde se estableció el experimento, previo a la aplicación de los tratamientos.

<b>Variable</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Clasificación</b>
Materia orgánica	%	1.29	Bajo
pH		7.98	Medianamente alcalino
Conductividad eléctrica	dS m <sup>-1</sup>	1.1	Muy ligeramente salino

N inorgánico	mg kg <sup>-1</sup>	35.3	Medio
P (Olsen)	mg kg <sup>-1</sup>	6.4	Medio

### Materia orgánica

En los análisis realizados al final del experimento, se registraron diferencias significativas entre niveles de bioinoculante y entre fuentes de fertilización; para el bioinoculante, la dosis de 40 l ha<sup>-1</sup> fue la que tuvo mayor concentración de MO, con 1.95 % (Cuadro 3). Las fuentes de estiércol y vermicompost (10 t ha<sup>-1</sup>), tuvieron los valores mayores de MO, con 2.19 y 1.88 % respectivamente (Cuadro3).

### Conductividad Eléctrica

No hubo diferencia estadística para CE entre niveles de bioinoculante, con valores entre 1.04 y 1.20 dS m<sup>-1</sup>. Las diferencias entre fuentes de fertilizante fueron significativas, siendo más alta (1.4 dS m<sup>-1</sup>) donde se aplicó estiércol (Cuadro 3).

### pH

No hubo diferencias de pH por efecto del bioinoculante, con valores de 7.99 a 8.12 en las diferentes dosis. Las diferencias por efecto del fertilizante si fueron significativas, donde el estiércol (8.14) fue superior al testigo y al tratamiento V5. El efecto del tratamiento V5 fue similar al testigo (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Valores medios para las características de suelo, en el cultivo de maíz forrajero con dosis de bioinoculante y fuentes de fertilización.

Bioinoculante l ha <sup>-1</sup>	Fertilizante	Materia Orgánica %	Conduct. Eléctrica dS cm <sup>-1</sup>	pH	Nitrógeno inorgánico mg kg <sup>-1</sup>	Fósforo (Olsen) mg kg <sup>-1</sup>
0	V5	0.99	1.18	8.11	21.64	15.23
0	V10	1.57	1.15	8.12	21.64	11.27
0	E	2.02	1.40	8.16	26.76	26.40
0	FI	0.87	1.25	8.09	15.33	11.20
0	B76-2.5	1.48	1.34	8.12	21.94	13.60
0	B76-5.0	1.57	1.01	8.13	23.45	16.57
0	T	1.00	1.1	8.14	12.02	6.17
20	V5	2.02	1.05	7.90	32.17	19.37
20	V10	1.66	0.92	8.10	30.43	27.53
20	E	2.24	1.46	8.09	34.57	38.30

20	FI	1.34	0.92	8.11	21.04	13.77
20	B76-2.5	1.39	0.87	8.01	23.15	17.3
20	B76-5.0	1.48	1.03	8.05	26.76	18.17
20	T	1.04	1.03	7.80	17.74	11.33
40	V5	2.28	1.05	7.78	29.31	19.67
40	V10	2.42	1.35	8.00	35.47	37.60
40	E	2.33	1.33	7.93	41.48	41.77
40	FI	1.39	1.20	8.22	26.45	15.90
40	B76-2.5	1.71	1.11	7.99	26.45	17.73
40	B76-5.0	2.11	1.21	7.95	29.76	20.57
40	T	1.39	1.13	8.02	22.55	12.53
Efectos principales						
Bioinoculante	0	1.36 c	1.20	8.12	20.4	15.43
	20	1.60 b	1.04	8.01	25.55	20.82
	40	1.95 a	1.20	7.99	30.21	23.68
Fertilizante	V5	1.76 bc	1.09 b	7.93 c	27.71	18.09
	V10	1.88 ab	1.14 b	8.07 ab	29.18	28.00
	E	2.19 a	1.40 a	8.06 ab	34.27	35.49
	FI	1.22 d	1.12 b	8.14 a	20.94	13.62
	B76-2.5	1.52 c	1.15 b	8.04 abc	23.85	16.21
	B76-5.0	1.72 bc	1.08 b	8.04 abc	26.65	18.43
	T	1.14 d	1.09 b	7.98 bc	17.44	10.01

V5 (vermicompost 5 t ha<sup>-1</sup>), V10 (vermicompost 10 t ha<sup>-1</sup>), E (estiércol 80 t ha<sup>-1</sup>), FI (fertilizante inorgánico), B76-2.5 (fertilizante orgánico 2.5 l ha<sup>-1</sup>), B76-5.0 (fertilizante orgánico 5 l ha<sup>-1</sup>) y T (testigo).

†Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ).

### Nitrógeno inorgánico

Existió diferencia significativa para la interacción entre bioinoculante y fuente de fertilización ( $p < 0.001$ ). Las diferencias entre dosis de bioinoculante, dentro de cada fuente de fertilizante, fueron significativas, excepto en los tratamientos con B76. En general, se observa un incremento de N al aumentar la dosis de bioinoculante, excepto en el tratamiento V5. La variación entre fuentes de fertilización dentro de cada nivel de bioinoculante, fue significativa, registrándose los valores más altos en el estiércol (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Separación de medias de la interacción entre bioinoculante y fuente de fertilización, para el contenido de nitrógeno inorgánico en el suelo.

Fertilizante	Bioinoculante para suelo (l ha <sup>-1</sup> )		
	0	20	40

V5	21.64 B <sup>†</sup> b <sup>††</sup>	32.17 A bc	29.31 A c
V10	21.64 B b	30.43 A b	35.47 A b
E	26.76 C a	34.57 B a	41.48 A a
FI	15.33 C c	21.04 B d	26.45 A cd
B76-2.5	21.94 b	23.15 cd	26.45 cd
B76-5.0	23.45 ab	26.76 bc	29.76 c
T	12.02 B c	17.74 AB e	22.55 A d

V5 (vermicompost 5 t ha<sup>-1</sup>), V10 (vermicompost 10 t ha<sup>-1</sup>), E (estiércol 80 t ha<sup>-1</sup>), FI (fertilizante inorgánico), B76-2.5 (fertilizante orgánico 2.5 l ha<sup>-1</sup>), B76-5.0 (fertilizante orgánico 5 l ha<sup>-1</sup>) y T (testigo).

<sup>†</sup>Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa entre dosis de bioinoculante ( $\alpha = 0.05$ ).

<sup>††</sup>Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa entre fertilizantes ( $\alpha = 0.05$ ).

### Fósforo

Se presentó diferencia significativa para la interacción entre bioinoculante y fuente de fertilización ( $p < 0.0001$ ). Las diferencias entre dosis de bioinoculante, dentro de cada fuente de fertilizante, fueron significativas, excepto en los tratamientos con V5, FI y B76-2.5. Similar al caso de N, en todas las fuentes de fertilización se incrementó la concentración de P al aumentar la dosis de bioinoculante. (Cuadro 5). Las fuentes de fertilización por nivel de bioinoculante presentaron diferencias significativas, registrándose el valor más alto con el estiércol y el más bajo en el testigo (Cuadro 5).

**Cuadro 5.** Separación de medias de la interacción entre bioinoculante y fuente de fertilización, para el contenido de fósforo en el suelo.

Fertilizante	Bioinoculante para suelo (l ha <sup>-1</sup> )		
	0	20	40
V5	15.23 A <sup>†</sup> bc <sup>††</sup>	19.37 A c	19.67 A b
V10	18.87 C b	27.53 B b	37.6 A a
E	26.40 B a	38.30 A a	41.77 A a
FI	11.20 A d	13.77 A de	15.90 A bc
B76-2.5	13.60 A cd	17.30 A cd	17.73 A bc
B76-5.0	16.57 B bc	18.17 B c	20.57 A b
T	6.17 B e	11.33 A e	12.53 A c

V5 (vermicompost 5 t ha<sup>-1</sup>), V10 (vermicompost 10 t ha<sup>-1</sup>), E (estiércol 80 t ha<sup>-1</sup>), FI (fertilizante inorgánico), B76-2.5 (fertilizante orgánico 2.5 l ha<sup>-1</sup>), B76-5.0 (fertilizante orgánico 5 l ha<sup>-1</sup>) y T (testigo).

<sup>†</sup>Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa entre dosis de bioinoculante ( $\alpha = 0.05$ ).

<sup>††</sup>Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa entre fertilizantes ( $\alpha = 0.05$ ).

## **Variables de rendimiento**

### **Forraje verde y forraje seco**

En lo que se refiere al bioinoculante aplicado al suelo, no hubo diferencias significativas entre tratamientos para rendimiento de forraje verde y forraje seco. En las parcelas con 40 l ha<sup>-1</sup>, el rendimiento de forraje verde fue de 63.2 t ha<sup>-1</sup>, comparado con 59.2 t ha<sup>-1</sup> en las otras dos dosis. Con respecto a la fuente de fertilizante, las diferencias en rendimiento fueron significativas; las parcelas con estiércol mostraron el mayor rendimiento, con un promedio de 69.2 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde y 24.0 t ha<sup>-1</sup> forraje seco (Cuadro 6).

### **Porcentaje de materia seca (MS)**

No se tuvo diferencia significativa entre dosis de bioinoculante, ni entre fuentes de fertilización, ni para la interacción entre ambos factores. Los tratamientos con alguna fuente de fertilizante mostraron porcentajes de MS entre 33.7 y 34.9%, en tanto que el testigo tuvo 36.7% en promedio de MS (Cuadro 6).

### **Altura de planta**

No hubo diferencias para altura de planta por efecto del bioinoculante, ni por la interacción con la fuente de fertilización. La altura promedio para la dosis mayor fue de 2.51 m. Las diferencias entre fuentes de fertilizante con respecto a la altura de planta si resultaron significativas, observándose que el testigo tuvo la menor altura, con 2.33 m, mientras que en las parcelas con alguna fuente de fertilización la altura varió de 2.44 a 2.51 m (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Valores medios para rendimiento de forraje verde (RFV), porcentaje de materia seca (MS), rendimiento de forraje seco (RFS) y altura de planta (AP) para maíz forrajero, con dosis de bioinoculante y fuentes de fertilización.

<b>Bioinoculante para suelo</b>	<b>Fertilizante</b>	<b>RFV t ha<sup>-1</sup></b>	<b>MS %</b>	<b>RFS t ha<sup>-1</sup></b>	<b>AP m</b>
0	V5	57.43	34.9	19.93	2.42
0	V10	63.30	32.9	21.97	2.43
0	E	66.60	35.1	23.11	2.54
0	FI	63.30	36.0	21.97	2.49
0	B76-2.5	56.23	35.0	19.51	2.37
0	B76-5.0	60.13	34.0	20.87	2.49
0	T	47.17	37.8	16.37	2.21
20	V5	63.30	33.9	21.97	2.45

20	V10	60.53	34.1	21.01	2.46
20	E	64.97	32.9	22.55	2.51
20	FI	57.77	34.9	20.05	2.40
20	B76-2.5	58.97	34.9	20.50	2.43
20	B76-5.0	56.63	33.8	19.66	2.48
20	T	52.17	36.8	18.10	2.32
40	V5	64.40	34.1	22.35	2.57
40	V10	61.63	34.0	21.39	2.50
40	E	76.10	33.1	26.41	2.50
40	FI	68.30	33.9	23.70	2.51
40	B76-2.5	55.00	34.1	19.09	2.51
40	B76-5.0	63.30	34.0	21.97	2.53
40	T	53.30	35.5	18.50	2.46
Efectos principales					
Bioinoculante	0	59.17	35.1	20.53	2.42
	20	59.19	34.5	20.55	2.43
	40	63.15	34.1	21.91	2.51
Fertilizante	V5	61.7 b	34.3	21.4 b	2.48 a
	V10	61.8 b	33.7	21.5 b	2.46 a
	E	69.2 a	33.7	24.0 a	2.51 a
	FI	63.1 b	34.9	21.9 b	2.46 a
	B76-2.5	56.7 c	34.7	19.7 c	2.44 a
	B76-5.0	60.0 bc	33.9	20.8 bc	2.50 a
	T	50.9 d	36.7	17.7 d	2.33 b

V5 (vermicompost 5 t ha<sup>-1</sup>), V10 (vermicompost 10 t ha<sup>-1</sup>), E (estiércol 80 t ha<sup>-1</sup>), FI (fertilizante inorgánico), B76-2.5 (fertilizante orgánico 2.5 l ha<sup>-1</sup>), B76-5.0 (fertilizante orgánico 5 l ha<sup>-1</sup>) y T (testigo).

†Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa p≤0.05.

### Nitrógeno en planta

En el caso de N, no se detectó efecto significativo de la interacción; las diferencias entre dosis de bioinoculante no fueron significativas, pero entre fuentes de fertilizante sí. El tratamiento con estiércol tuvo el valor más alto con 1.37%, y fue mayor al del fertilizante inorgánico y al testigo, con 1.31 y 1.21%, respectivamente (Cuadro 7).

**Cuadro 7.** Valores medios de la concentración de nitrógeno y fósforo en plantas del cultivo de maíz forrajero, con dosis de bioinoculante y fuentes de fertilización.

Bioinoculante para suelo l ha <sup>-1</sup>	Fertilizante	Fósforo	Nitrógeno
		---- % ----	

0	V5	0.11	1.34
0	V10	0.17	1.31
0	E	0.18	1.32
0	FI	0.14	1.32
0	B76-2.5	0.14	1.29
0	B76-5.0	0.17	1.29
0	T	0.08	1.17
20	V5	0.16	1.35
20	V10	0.17	1.31
20	E	0.17	1.38
20	FI	0.16	1.37
20	B76-2.5	0.18	1.38
20	B76-5.0	0.17	1.38
20	T	0.12	1.22
40	V5	0.17	1.35
40	V10	0.19	1.35
40	E	0.19	1.41
40	FI	0.15	1.24
40	B76-2.5	0.17	1.39
40	B76-5.0	0.18	1.42
40	T	0.13	1.24
Efectos principales			
Bioinoculante	0	0.14	1.29
	20	0.16	1.34
	40	0.17	1.34
Fertilizante	V5	0.15	1.35 ab <sup>†</sup>
	V10	0.17	1.32 ab
	E	0.18	1.37 a
	FI	0.15	1.31 b
	B76-2.5	0.16	1.34 ab
	B76-5.0	0.18	1.36 ab
	T	0.11	1.21 c

V5 (vermicompost 5 t ha<sup>-1</sup>), V10 (vermicompost 10 t ha<sup>-1</sup>), E (estiércol 80 t ha<sup>-1</sup>), FI (fertilizante inorgánico), B76-2.5 (fertilizante orgánico 2.5 l ha<sup>-1</sup>), B76-5.0 (fertilizante orgánico 5 l ha<sup>-1</sup>) y T (testigo).

<sup>†</sup>Letras diferentes en la misma columna indican diferencia significativa ( $\alpha = 0.05$ ).

### Fósforo en planta

La concentración de fósforo en planta varió en forma significativa ( $p < 0.01$ ) para la interacción bioinoculante x fuente de fertilización. Las diferencias entre dosis de bioinoculante, dentro de cada fuente de fertilizante, fueron significativas sólo en V5. A diferencia de P en el suelo, no se observó

tendencia consistente de incremento del P al aumentar el nivel de bioinoculante. Las diferencias entre fuentes de fertilizante, por nivel de bioinoculante, fueron significativas, registrándose los valores más bajos en el testigo (de 0.084 a 0.135 %), mientras que en los demás tratamientos la varió de 0.110 a 0.192 % (Cuadro 8).

**Cuadro 8.** Separación de medias para concentración de fósforo en planta, de la interacción entre bioinoculante y fuente de fertilización, en el cultivo de maíz forrajero.

Fuente de fertilizante	Bioinoculante para suelo		
	0	20	40
V5	0.110 B <sup>†</sup> de <sup>††</sup>	0.163 A a	0.173 A bc
V10	0.168 A ab	0.166 A a	0.187 A ab
E	0.183 A a	0.171 A a	0.192 A a
FI	0.144 A bc	0.156 A a	0.154 A d
B76-2.5	0.137 A cd	0.175 A a	0.166 A cd
B76-5.0	0.173 A ab	0.170 A a	0.182 A ab
T	0.084 A e	0.115 A b	0.135 A e

V5 (vermicompost 5 t ha<sup>-1</sup>), V10 (vermicompost 10 t ha<sup>-1</sup>), E (estiércol 80 t ha<sup>-1</sup>), FI (fertilizante inorgánico), B76-2.5 (fertilizante orgánico 2.5 l ha<sup>-1</sup>), B76-5.0 (fertilizante orgánico 5 l ha<sup>-1</sup>) y T (testigo).

<sup>†</sup>Letras mayúsculas diferentes indican diferencia significativa entre dosis de bioinoculante ( $\alpha = 0.05$ ).

<sup>††</sup>Letras minúsculas diferentes indican diferencia significativa entre fertilizantes ( $\alpha = 0.05$ ).

## Discusión

### Variables evaluadas en suelo

#### Materia Orgánica

La MO se incrementó de 24 a 51% con respecto al valor inicial, al incrementar la dosis de bioinoculante. También, el estiércol incrementó la MO (70%), mientras que el fertilizante inorgánico y el testigo tuvieron los valores más bajos. Fortis *et al.* (2009) y Salazar *et al.* (2007), obtuvieron un incremento similar en el contenido de materia orgánica al término de sus experimentos, en donde se hizo la aplicación de compost y estiércol bovino. La aplicación de abonos orgánicos puede incrementar la MO del suelo de manera sostenida en el mediano y largo plazo; en este sentido, Trejo *et al.* (2013) encontraron que la adición de abonos orgánicos al suelo por un periodo de 10 años incrementó la MO, de un valor inicial de 1% hasta 4.9% al término de la investigación.

### **Conductividad Eléctrica**

La CE se incrementó significativamente con el uso de estiércol ( $1.40 \text{ dS m}^{-1}$ ), con respecto al fertilizante inorgánico ( $1.12 \text{ dS m}^{-1}$ ) y al testigo ( $1.09 \text{ dS m}^{-1}$ ). Salazar *et al.* (2007) hacen mención de que la CE se incrementa debido a que el estiércol contiene hasta 5% de sales solubles, sin embargo, mucha de estas sales son a la vez nutrientes para el cultivo. Lo anterior sugiere que el uso y manejo del estiércol se debe hacer con responsabilidad, aunado a un seguimiento por medio de los análisis de suelo. El maíz forrajero tiene un valor límite de tolerancia a la salinidad del suelo de  $1.7 \text{ dS m}^{-1}$ , a partir de ese valor, el rendimiento disminuye en 7.4% por cada unidad que se incremente la CE (Grieve *et al.*, 2012).

### **pH**

El pH varió de 7.93 a 8.14. Fortis *et al.* (2009) obtuvieron incrementos ligeros en el pH después de la aplicación de compost y fertilización inorgánica. Salazar *et al.* (2007) y Hariadi *et al.* (2016) encontraron que al aplicar estiércol bovino aumenta el pH, pero aún en estas condiciones la mayoría de los maíces pueden crecer sin que el rendimiento se vea afectado.

### **Nitrógeno inorgánico**

La dosis de bioinoculante incrementó la concentración de N en el suelo en todos tratamientos de fertilizante, pero no incrementó el rendimiento; lo anterior indica que los microorganismos incluidos en el bioinoculante promovieron una mayor mineralización de N del estiércol y de la MO del suelo. Con respecto a la fuente de fertilizante, las parcelas con estiércol presentaron la mayor concentración de N: 57% más que el fertilizante inorgánico y 84 % más que el testigo. Este incremento se debe en parte a que el N total incorporado fue de  $644 \text{ kg ha}^{-1}$ , a partir del cual ocurre la mineralización; estos resultados son similares a los de Ramírez *et al.* (2016), quienes reportan un incremento significativo de 56% en el contenido de nitrógeno después de un ciclo de maíz forrajero, al aplicar  $40 \text{ t ha}^{-1}$  de estiércol bovino.

### **Fósforo**

Al igual que con N, la dosis de bioinoculante incrementó la concentración de P en el suelo en todos tratamientos de fertilizante. Entre fuentes de fertilizante, la concentración de P fue mayor en las parcelas con estiércol, ya que este abono aportó  $319 \text{ kg ha}^{-1}$  de P y la mineralización de P es mayor

que la de N (Eghball *et al.*, 2002). Mohammad *et al.* (2009) mencionan que la mayoría del P en el suelo se encuentra en forma no disponible para las plantas, por lo que el uso de microorganismos, como los del bioinoculante, ayuda a la solubilización de este nutriente, de tal manera que pueda ser absorbido por la planta. Los valores de P en el presente estudio fueron menores a los encontrados por Fortis *et al.* (2009), quienes registraron 27.6 mg kg<sup>-1</sup> de P al final de un ciclo de cultivo, con el uso de compost.

### **Forraje verde y forraje seco**

Los resultados obtenidos muestran que el estiércol puede producir rendimientos de forraje de maíz similar o superior al uso de fertilizante inorgánico; esto se debe a que abastecen de nutrimentos esenciales para el cultivo. Resultados similares fueron obtenidos por López *et al.* (2014) en algodónero, quienes obtuvieron mayor rendimiento con 80 t ha<sup>-1</sup> de estiércol solarizado. Wang *et al.* (2017) demostraron que, con la aplicación continua de estiércol, el rendimiento de maíz de grano puede incrementarse entre 5 a 16 %. Los resultados anteriores indican que el estiércol puede sustituir el uso de fertilizantes inorgánicos, sin disminuir el rendimiento, lo cual permite reciclar los nutrientes en el sistema de producción forraje-leche y disminuir los riegos de contaminación.

### **Porcentaje de materia seca**

El porcentaje de materia seca es importante para un adecuado proceso de ensilaje y depende del grado de madurez del cultivo. Núñez *et al.* (2012), encontraron valores de 24 a 38% de MS cuando se cosecharon 30 híbridos de maíz a una maduración de grano de un tercio de línea de leche, similar al criterio del presente estudio. De acuerdo con los resultados obtenidos, ni el bioinoculante ni los fertilizantes afectaron significativamente el porcentaje de MS. López *et al.* (2015) obtuvieron valores de materia seca de 33 a 36% con el uso de estiércol, valores similares a los del presente trabajo.

### **Altura de planta**

Mientras el bioinoculante al suelo no afectó la altura de la planta, todos los fertilizantes aumentaron la altura (6.4% en promedio) con respecto al testigo, lo cual comprueba la importancia de una adecuada fertilización para no afectar el desarrollo del cultivo. En este contexto, Fortis *et al.* (2009) reportaron alturas menores, con un promedio de 1.86 m en maíz forrajero, al aplicar abonos

orgánicos. Los resultados obtenidos son similares a los de López *et al.* (2015), quienes obtuvieron alturas promedio de 2.49 a 2.56 m en plantas de maíz forrajero, al aplicar estiércol bovino.

### **Fósforo y nitrógeno en planta**

La menor concentración de N en la planta con respecto al testigo se puede explicar porque el N en el suelo al inicio del experimento ( $35 \text{ mg kg}^{-1}$ ) fue insuficiente para abastecer al cultivo; lo anterior se puede deducir al calcular la extracción de N en la biomasa cosechada. Por ejemplo, el tratamiento con estiércol extrajo en promedio  $329 \text{ kg ha}^{-1}$  ( $24 \text{ ton ha}^{-1} \times 1.37\%$  de N; Cuadros 6 y 7), mientras que el testigo solo extrajo  $214 \text{ ton ha}^{-1}$ . Estos valores son superiores a los registrados por Figueroa *et al.* (2010), quienes obtuvieron valores de extracción entre 208 y  $253 \text{ kg ha}^{-1}$ , en tres años de estudio. Con respecto al porcentaje de P en la planta, los valores registrados en el presente estudio tienen un rango menor (0.110 a 0.192%), comparado con el reportado por Lentz *et al.* (2012), quienes obtuvieron valores de P de 0.151 a 0.158% en maíz para ensilaje fertilizado con estiércol.

### **Conclusión**

La aplicación de bioinoculante al suelo no aumentó el rendimiento de maíz forrajero, sin embargo, incrementó la MO, el N y P disponible en el suelo en todos los fertilizantes evaluados, lo que sugiere que el bioinoculante utilizado promueve la mineralización de los abonos orgánicos y de la MO nativa del suelo. El estiércol fue el único de los fertilizantes que aumentó el rendimiento, en un 9.6%. Los resultados obtenidos indican que es posible sustituir los fertilizantes inorgánicos por abonos orgánicos e inoculantes, sin afectar el rendimiento.

### **Agradecimientos**

Agradezco al Dr. Héctor Idilio Trejo Escareño (QEPD) por su apoyo en este proyecto; al Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) por su valiosa colaboración para realizar los análisis de este trabajo.

### **Referencias**

Arry Y. N., Yuda C. H., W Hasanah Endeavoring (2016) to Food Sustainability by Promoting Corn Cob and Rice Husk Briquetting to Fuel Energy for Small Scale Industries and Household

- Communities, Agriculture and Agricultural Science Procedia 9 (2016) 386 – 395. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.154
- Bojórquez, A. D. A., Gutiérrez, C. G., Báez, J. R. C., Sánchez, M. Á. A., Montoya, L. G., & Pérez, E. N. (2010). Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. *Ra Ximhai*, 6(1), 51-56. <http://uaaim.edu.mx/webraximhai/Ej-16articulosPDF/07%20Biofertilizantes.pdf>
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). 2010. Estadísticas agrícolas de los distritos de riego. Año agrícola 2008-2009. Edición 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (Ed). México, D. F. 323 p.
- Eghball, B., Wienhold, B.J., Gilley, J .E., and Eigenberg, R. A. 2002. Mineralization of manure nutrients. *J. Soil Water Conserv.* 57:470-473.
- Figueroa V. U., Cueto W. J. A., Delgado, J.A., Núñez, H. G., Reta, S. D.G., Quiroga, G. M., Faz, C.R. & Márquez-Rojas, J. L. (2010). Estiércol de bovino lechero sobre el rendimiento y recuperación aparente de nitrógeno en maíz forrajero. *Terra Latinoamericana* 28:361-369. <http://www.redalyc.org/pdf/573/57318502008.pdf>
- Figueroa, V. U., Núñez, H. G., Reta, S. D.G. & Flores, L. H. E. (2015). Balance regional de nitrógeno en el sistema de producción leche-forraje de la Comarca Lagunera, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 6, 377-392. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v6i4.4099>
- Fortis, H. M., Leos, R. J. A., Preciado, R. P., Orona, C. I., García, S. J. A., García, H. J. L., y Orozco, V. J. A. (2009). Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), 329-336. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v27n4/v27n4a7.pdf>
- Garza, M. B. I., Vázquez, P. V., García, D. G., Tut, C., Martínez, I. R., Campos, A. T. y Cabrera, O. G. (2003). Respuesta de cultivos agrícolas a los biofertilizantes en la región central de México. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=60829211>.
- Grieve, C. M., Grattan, S. R., y Mass, E. V. (2012). Plant salt tolerance. In: Wallender, W. W. y Tanji, K. K. (Eds.) *Agricultural salinity assessment and management*. 2<sup>nd</sup>. Ed. American Society of Civil Engineers. Page 405-459.
- Hariadi, Y. C., Nurhayati, A. Y., & Hariyani, P. (2016). Biophysical Monitoring on the Effect on Different Composition of Goat and Cow Manure on the Growth Response of Maize to

- Support Sustainability. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 9, 118-127. doi: 10.1016/j.aaspro.2016.02.135
- Jones, J.B. (2001). Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. CRC Press. New York, NY, USA. 363 p.
- Lentz, R. D., y Ippolito, J. A. (2012). Biochar and Manure Affect Calcareous Soil and Corn Silage Nutrient Concentrations and Uptake. *Journal of Environmental Quality*, 41:1033-1043.
- López, M. J. D., Díaz, A., & Valdez, R. (2001). Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra*, 19(4), 293-299. <http://www.redalyc.org/html/573/57319401/>
- López, C. M., Figueroa, V. U., Fortis, H. M., y Núñez H. G., (2013). Estimación del contenido de nitrógeno en los estiércoles y su balance con el requerimiento de nitrógeno de los cultivos en la Comarca Lagunera. En: M. Fortis H., I. Orona C. y M.A. Gallegos R. (Eds.), pp. 295-313. Agricultura orgánica - 6ª parte. FAZUJED. SMCS. Gómez Palacio, Durango.
- López, M. J. D, Salazar S. E., Trejo, E. H. I., García, H. J. L., Navarro, M. M., & Vázquez, V. C. (2014). Cotton production with high sowing densities using organic fertilization. *Phyton (Buenos Aires)*, 83(2), 237-242
- López, C. M. J., Figueroa, V. U., Fortis, H. M., Núñez, H. G., Ochoa, M. E., Sánchez, D. J. I. (2015). Evaluación de dosis equivalentes de fertilizante y estiércol en la producción de maíz forrajero (*Zea mays*). *Phyton*. 84:8-13. [http://www.revistaphyton.fundromuloraggio.org.ar/vol84-1/Lopez\\_Calderon.pdf](http://www.revistaphyton.fundromuloraggio.org.ar/vol84-1/Lopez_Calderon.pdf)
- Loreto, O. C., y López, R. L., y Espinoza, V. D., (2004). Bacterias promotoras del crecimiento vegetal asociadas con gramíneas: Una revisión. *Terra Latinoamericana*, 22(2), 225-239. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57322211>
- Martínez, R. J. G., Castellanos, R. J. Z., Rivera, G. M., Núñez, H. G., Faz, C. R. (2006). Contaminación por nitratos en acuíferos del norte de México y del estado de Guanajuato. *Agrofaz*; 6 (3):379-387.
- Mohammad, Y., Mohammad, A. B., Hemmatollah, P., and Mohammad, A. E. (2009). Effect of Phosphate Solubilization Microorganisms (PSM) and Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Yield Components of Corn (*Zea mays* L.). *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* Vol: 3, No: 1 [scholar.waset.org/1307-6892/12844](http://scholar.waset.org/1307-6892/12844)

- Montemayor, T. J. A., Lara, M. J. L., Woo, R. J. L., Munguía, L. J., Rivera, G. M., y Trucíos, C. R. (2012). Producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) en tres sistemas de irrigación en la Comarca Lagunera de Coahuila y Durango, México. *Agrociencia*, 46(3), 267-278. <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n3/v46n3a6.pdf>
- Núñez, H. G., Faz, C. E., y Faz, C. G. (2012). Características agronómicas y químicas importantes en híbridos de maíz para forraje con alto valor energético. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 41(1). <http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1288/1283>
- Ramírez I. J. A., Figueroa V. U., Núñez, H. G., Reta, S. D. G., García, H. J. L. (2016) Evaluation of tillage methods and manure incorporation into corn silage production. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 15:67-76. doi: 10.5154/r.rchsza.2016.03.003
- Saldaña, H. M. I., Gómez, A. R., Rivera, C. M. C., Álvarez, S. J. D., Ortiz, G. C. F., Pat, F. J. M. (2014). Efecto de abonos orgánicos en la dinámica microbiológica del suelo y producción de *Alpinia purpurata* (VIEILL) K. SCHUM. *Interciencia*, 809-815. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33932572008>
- Sánchez, R. S., Arellano, A. O., López, J. D., y Padilla, S. B. (2002). Aplicación de lavado y estiércol para recuperar suelos salinos en la Comarca Lagunera, México. *Terra*, 20(3), 329-336. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57320312>
- Salazar, S. E., Trejo, E. H. I., Vázquez, V. C., y López, M. J. D. (2007). Producción de maíz bajo riego por cintilla, con aplicación de estiércol bovino. *Phyton (Buenos Aires)*, 76, 169-185. <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v76/v76a15.pdf>
- Salazar, S. E., Trejo, E. H. I., López, M. J. D., Vázquez, V. C., Serrato, C. J. S., Orona, C. I., y Flores, M. J. P. (2010). Efecto residual de estiércol bovino sobre el rendimiento de maíz forrajero y propiedades del suelo. *Terra Latinoamericana*, 28(4), 381-390. <http://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v28n4/v28n4a10.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) 2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudios, muestreo y análisis. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. <http://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/libros2009/021.pdf>. (Consultado en julio de 2017).

- Umesha, S., Srikantiah, M., Prasanna, K.S., Sreeramui, K.R., Divya, M. and Lakshmipathi, R. N. (2014). Comparative Effect of Organics and Biofertilizers on Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L). *Curr. Agri. Res. Jour.*, Vol. 2(1), 55-62. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.2.1.08>
- Trejo, E. H. I., Salazar, S. E., López, M. J. D., y Vázquez, V. C. (2013). Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(5), 727-738. <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v4n5/v4n5a6.pdf>
- Yescas, C. P., Segura C. M. A., Martínez C. L., Álvarez, R. V. P., Montemayor, T. J. A., Orozco, V. J. A., y Frías, R. JE. (2015). Rendimiento y calidad de maíz forrajero (*Zea mays* L.) con diferentes niveles de riego por goteo subsuperficial y densidad de plantas. *Phyton (Buenos Aires)*, 84(2), 272-279. <http://www.scielo.org.ar/pdf/phyton/v84n2/v84n2a03.pdf>
- Zamora, S. S., Fenech, L. L., Ruiz, E. H., Pérez, D. W., y López, G. A. (2007). Eficiencia en el uso del agua en maíz (*Zea Mays* L.) con riego por goteo, en el Valle de la Paz, Baja California Sur, México. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16 (3), 33-36. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93216308>
- Wang, X., Ren, Y., Zhang, S., Chen, Y., & Wang, N. (2017). Applications of organic manure increased maize (*Zea mays* L.) yield and water productivity in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*, 187, 88-98. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.03.017>