



Agronomía Costarricense

ISSN: 0377-9424

Universidad de Costa Rica. Colegio de Ingenieros y Agrónomos. Ministerio de Agricultura y Ganadería

Escalona-Sánchez, Argelia; Gavilanez-Buñay, Tatiana;
Francisco-Yépez, Amyr; Ramírez-Guerrero, Hugo Omar

Uso de enmiendas en la producción de maíz para ensilaje con riego orgánico mineral

Agronomía Costarricense, vol. 45, núm. 1, 2021, Enero-Julio, pp. 177-192

Universidad de Costa Rica. Colegio de Ingenieros y Agrónomos. Ministerio de Agricultura y Ganadería

DOI: <https://doi.org/10.15517/rac.v45i1.45769>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43670175014>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEM  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc

Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Nota técnica

USO DE ENMIENDAS EN LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ PARA ENSILAJE CON RIEGO ORGÁNICO MINERAL

Argelia Escalona-Sánchez^{1/}, Tatiana Gavilanez-Buñay²,
Amyr Francisco-Yépez³, Hugo Omar Ramírez-Guerrero⁴*

Palabras clave: *Zea mays*; nutrición mineral; ensilaje; compost; fertilización; sostenibilidad.

Keywords: *Zea mays*; mineral nutrition; silage; compost; fertilization; sustainability.

Recibido: 14/07/2020

Aceptado: 13/10/2020

RESUMEN

Introducción. La situación del manejo inadecuado de los recursos en los sistemas productivos de maíz, estimula el desarrollo de nuevas estrategias orientadas al mejoramiento de la calidad, fertilidad y la salud del suelo junto a su entorno. Entre ellas, el uso de enmiendas para solventar las limitaciones presentadas en el crecimiento y desarrollo del cultivo como el problema de tipo antropogénico que afecta principalmente la calidad del suelo (alcalinidad, salinidad). **Objetivo.** Evaluar el efecto de 3 enmiendas sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de maíz con un plan de fertilización orgánico mineral. **Materiales y métodos.** El ensayo se estableció en la Finca El Danubio ubicada en Duaca al noroccidente de Venezuela con un diseño experimental de bloques completamente al azar con 6 tratamientos: T1: compost Don Manuel (CDM); T2: compost Minco Fértil

ABSTRACT


Use of soil amendments in the production of corn for silage with organic mineral irrigation. Introduction. The situation of inadequate management of resources in corn production systems stimulates the development of new strategies that are aimed at improving the quality, fertility and health of the soil together with its environment. Including the use of amendments, to solve the limitations presented in the growth and development of the crop such as the anthropogenic type problem that mainly affects soil quality (alkalinity, salinity). **Objective.** To evaluate the effect of 3 soil amendments on the growth and development of the corn crop was evaluated using an organic mineral fertilization plan. **Materials and methods.** The trial was established at the Finca El Danubio located in Duaca in northwestern Venezuela with a completely randomized block design with 6

* Autora para correspondencia. Correo: electrónico: eargelia@ucla.edu.ve

1 Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela.

 0000-0001-5913-3076.


2 Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador.

 0000-0002-7422-3122.

3 Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela.

 0000-0001-5735-8917.

4 Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, Venezuela.

 0000-0002-0653-456X.

(CMF); T3: Fosfoyeso (FY); T4: CDM+FY; T5: CMF+FY y control sin enmiendas. Las mismas fueron aplicadas manualmente en el surco de siembra, mientras que la fertilización orgánica con 16 productos y mineral (urea) fueron aplicadas a través del riego a partir de los 15 y 22 días después de la siembra. **Resultados.** Los resultados encontrados mostraron que el preparado de compost fórmula Minco fértil incrementó el crecimiento, altura de la planta, número de hojas y área foliar. Los mayores rendimientos de maíz para ensilaje y materia seca total fueron obtenidos con el preparado de compost Don Manuel y Minco fértil. No se encontró respuesta a la aplicación de las enmiendas orgánicas en las variables nutricionales de la planta. **Conclusión.** Se puede producir maíz forrajero con enmiendas orgánicas con efectos positivos en el crecimiento y producción del cultivo.

treatments: T1: Don Manuel compost (CDM); T2: Fertile Minco compost (CMF); T3: Phospho-Plaster (FY); T4: CDM + FY; T5: CMF + FY and control without amendments. They were applied manually in the seeding furrow, while organic fertilization with 16 products and mineral (urea) were applied through irrigation from 15 and 22 days after planting. **Results.** The results found show that the compost preparation formula fertile Minco increased the growth variables, plant height, number of leaves and leaf area, the highest corn yields for silage and total dry matter were obtained with the compost preparation Don Manuel and fertile Minco. No effect was found to the application of organic amendments in the nutritional variables of the plant. **Conclusion.** Forage maize production can be carried out, through organic amendments since they have generated positive effects on crop growth and production.

INTRODUCCIÓN

El aumento en la sostenibilidad de los sistemas de cultivo, consiste en la reducción de los agroquímicos, para depender de los procesos del ecosistema del suelo y las interacciones biológicas para el suministro de nutrientes para las plantas (Rizo *et al.* 2017). El maíz (*Zea mays* L.) es un cultivo con altas demandas nutricionales de los elementos del suelo, ya que utiliza importantes cantidades, cabe mencionar, el nitrógeno (N), seguido del potasio (K) y el fósforo (P). Esos nutrimentos forman parte de numerosos fertilizantes sintéticos, en forma individual o combinados en fórmulas (Gudelj *et al.* 2018 y Teyssier *et al.* 2018).

La salud, el desarrollo sustentable y la conservación del ambiente tropical están fundamentados en el adecuado conocimiento de los recursos suelo y agua de riego a nivel local. En el caso de los suelos del Valle de Duaca zona

donde se realizó la investigación; se observó el uso excesivo de fertilizantes inorgánicos, con un promedio de aplicaciones superiores a 600 kg.ha⁻¹, mientras que los valores de pH fueron relativamente altos con tendencia a la alcalinidad, afectados por exceso de sales y cálcicos con cationes dominantes Ca>>>Mg>K>Na y aniones dominantes: HCO₃⁻>>> SO₄²⁻> Cl⁻. Además se identificó una baja disponibilidad de P, K y Mg, lo cual constituye problemas en el crecimiento y producción de la mayoría de cultivos agrícolas entre ellos maíz y papa (Ramírez 2012).

La adición de fertilizantes sin criterios técnicos, puede contribuir con la salinización de los suelos, y expone uno de los problemas más graves a los que se enfrenta la agricultura mundial (Rodríguez 2001). Es necesario proponer planes de manejo integrado para solucionar estos problemas de degradación de suelos, que favorezcan la optimización de los beneficios de todas las fuentes posibles de nutrimentos

provenientes de la unidad de producción, y su complementación con fuentes externas que son necesarias para satisfacer los requerimientos del cultivo, todo ello orientado a alcanzar niveles de producción deseados y disminuir riesgos de degradación ambiental. Para este fin se requiere la aplicación de ciertas prácticas agroecológicas (Bautista-Cruz *et al.* 2004). Una de estas prácticas es la aplicación de enmiendas orgánicas, que consisten en productos aportados al suelo, con la finalidad de mejorar sus propiedades o corregir algún déficit en sus parámetros, además del poder fertilizante que poseen, ya que contienen un alto grado de materia orgánica y nutrientes en su composición (García 2012).

Para el caso del maíz, todas las variedades se pueden cultivar para forrajes, aunque las de mayor rendimiento son aquellas variedades regionales de porte alto (González-Salas *et al.* 2018). Los híbridos, generalmente producen menos cantidad de forraje por unidad de área (Montemayor *et al.* 2012, Pedroza *et al.* 2014 y Avalos *et al.* 2018). El manejo eficiente de la nutrición de este cultivo es uno de los enfoques fundamentales para alcanzar rendimientos elevados sostenidos en el tiempo y además se conoce que el maíz para forraje, no requiere ningún tratamiento previo para ser ensilado debido a que posee buenas características a través del corte directo, la cosecha es rápida y los costos de almacenamiento son bajos (Romero y Aronna 2004). Además, no aporta rastrojos al suelo, lo que elimina la ventaja de reciclaje de nutrientes y daño en las condiciones físicas del suelo (Castellanos *et al.* 2017, Sánchez e Hidalgo 2018).

Álvarez-Solís *et al.* (2010) evaluaron el efecto del manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el rendimiento de maíz (*Zea mays* L.), y obtuvieron el valor más bajo para la dosis baja de fertilización sin abono y el más alto para la dosis alta de fertilización con humus de lombriz, por lo que surgió la importancia del manejo integrado de fertilizantes minerales y abonos orgánicos por su efecto positivo sobre el cultivo.

Asimismo, Avalos *et al.* 2018, evaluaron la producción de maíz forrajero con el híbrido P3258W de Pioneer por medio de bioinoculantes y abonos orgánicos, encontraron que el mejor tratamiento fue donde se aplicó estiércol a una dosis de 80 t.ha⁻¹, para concluir que se puede llevar a cabo la producción de maíz forrajero con bioinoculantes y abonos orgánicos sin que el rendimiento se vea afectado, además de favorecer el contenido de materia orgánica, nitrógeno y fósforo en el suelo.

Al evaluar la producción de forraje en base seca de 3 híbridos de maíz forrajero, a través de diferentes cantidades de vermicomposta y estiércol bovino para su fertilización, González-Salas *et al.* 2018, reportaron que los 3 híbridos mostraron buena respuesta a la fertilización orgánica, ya que todos obtuvieron producciones aceptables de materia seca de 25,89 t.ha⁻¹ (HT6806Y), 26,04 t.ha⁻¹ (RX717) y 25,33 t.ha⁻¹ (DAS2306). Además, las mezclas de fuentes de nitrógeno utilizadas compitieron con las fuentes sintéticas de nitrógeno, ya que mejoraron algunas variables de rendimiento y calidad de los forrajes.

El uso de enmiendas en el cultivo de maíz para ensilaje, en condiciones de suelos calcáreos, representa una estrategia para solventar los problemas ocasionados en cuanto a la disponibilidad de nutrientes se refiere, lo que limita el crecimiento y desarrollo del cultivo. Es por ello que la siguiente investigación va enfocada en evaluar el crecimiento, nutrición y producción del cultivo del maíz mediante 3 enmiendas: Fosfoyeso, Compost Don Manuel, Minco Fértil con un plan de fertilización orgánica mineral, y así propiciar la transición de prácticas convencionales, hacia una agricultura sustentable en los trópicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio. La investigación se estableció en la Agropecuaria Don Manuel, Finca El Danubio en Duaca, estado Lara, Venezuela (10°17' de Latitud Norte, 69°10' de Longitud Oeste y 566 msnm). Se ubicó en el centro de 3 sectores de riego, en una siembra

comercial de 22 hectáreas y se utilizó maíz híbrido Pioneer 30F35.

Diseño de experimentos. Se utilizó un diseño de experimento en bloques completamente al azar con 6 tratamientos, replicados 4 veces para conformar 24 unidades experimentales en una población general estimada de 74 000 plantas por hectárea. Para cada ensayo, la unidad experimental (UE) fue de 12 m de hilo de siembra.

Descripción de los tratamientos. Los tratamientos evaluados fueron el compost Don

Manuel (CDM) 5 ton.ha⁻¹, compost Minco Fértil (CMF) 5 ton.ha⁻¹, sulfato de calcio dihidratado 2 ton.ha⁻¹ proveniente de la industria de ácido fosfórico conocido como Fosfoyeso (FY), las mezclas de CDM y CMF con FY y el respectivo control que implica que es sin enmiendas (Tabla 1). Estos se aplicaron de manera superficial y manual en el surco de siembra, una vez realizada. La dosis de cada uno de los tratamientos se estimó de acuerdo con los resultados del análisis de suelo (Tabla 2). El muestreo de suelo se realizó una vez que culminó la mecanización correspondiente para la siembra del cultivo.

Tabla 1. Tratamientos para medir el efecto de 3 enmiendas en el crecimiento y producción del cultivo de maíz para ensilaje, con la fertilización integrada (orgánica-mineral).

Tratamiento	Descripción
T1: CDM	Compost Don Manuel (5 ton.ha ⁻¹)
T2: CMF	Compost Minco Fértil (Contenido Ruminal) (5 ton.ha ⁻¹)
T3: FY	Fosfoyeso (Sulfato de Calcio Dihidratado CaSO ₄ ·2 H ₂ O) (2 ton.ha ⁻¹)
T4:	CDM (5 ton.ha ⁻¹) + FY (2 ton.ha ⁻¹)
T5	CMF (5 ton.ha ⁻¹) + FY (2 ton.ha ⁻¹)
T6	Testigo: sin enmiendas

Tabla 2. Análisis de suelo y agua del área del ensayo.

pH	mS/cm		%		Rela ción	me/100g				ppm				
	CE	MO	N total	Carbo natos	C/N	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Fe	Cu	S
7,46	1,00	3,36	0,32	18	6,1	91,50	70,15	260,2	37	0,1	0,6	0,2	0,1	19
Textura	RAS	PSI	Bicarbonatos me/l		Cloruros me/l									
FAL	0,9	0,2	4,5		5,5									
Agua														
me/L														
pH	CE (mS/cm)	SST (ppm)	Ca	Mg	Na	K	SO ₄	Cl	Carbonato	Bicarbonatos	RAS	Na %		
7,05	0,49	310	2,6	2,2	0,26	0,04	1,9	0,7	0		2,5	0,2	5,1	

pH = pasta saturada, CE = suspensión 1:2, N total Kjeldahl, CO = W&B, P (Olsen), K NH₄OAC1N, Carbonatos (Collins).

De acuerdo con el análisis de suelo, se obtuvo que el carbono orgánico estuvo en un nivel medio, el nitrógeno total en niveles altos, y como consecuencia de ello, la relación C/N mostró un nivel muy bajo. Soto-Mora *et al.* (2016) señalan que la relación C/N permite conocer el grado de mineralización de la materia orgánica presente, el índice promedio de 10 se considera normal, lo que significa que existe un balance de inmovilización/mineralización, mientras que suelos con un índice <10 indica una entrada importante de N, principalmente de fertilizantes, aspecto que permite que las plantas utilicen el N disponible a medida que transcurre la descomposición de la MO. Además se identificó que los niveles de fósforo y potasio estuvieron presentes con contenido importante. En cuanto a las bases intercambiables, tanto el nivel de Ca y Mg presentaron niveles

significativos. Los valores de CE obtenidos fueron de 2,83 dS.m⁻¹, según los parámetros preestablecidos, mostró un posible problema de salinidad, que podría estar asociado a los niveles de carbonatos presentes, que fueron relevantes. No obstante Barrios y Pérez (2018) señalan que valores altos de salinidad alcanzados no afectan al cultivo de maíz, ya que este no mostró síntomas asociados al estrés salino, pero sugieren el monitoreo del suelo cuando se usan abonos orgánicos de alto tenor salino. En ese contexto Trejo *et al.* (2013) detectaron que dosis altas de estiércol causaron valores altos de salinidad, pero observaron que al suspender la aplicación se logró disminuir estos.

Previo al inicio del ensayo, se tomó una muestra compuesta de cada uno de los tratamientos. El análisis químico de las enmiendas utilizadas se presenta a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Análisis químicos de las enmiendas o tratamientos utilizados en los ensayos.

Resultados Análisis químico	T1 Don Manuel (CDM)	T2 Matadero (CMF)	T3 Fosfoyeso (FY)	T4 Don Manuel (CDM)+ Fosfoyeso	T5 Matadero (CMF)+ Fosfoyeso
pH	7	7,7	5,2	4,9	5,3
Cond. Eléctrica (dS.m ⁻¹ a 25°C)	7,3	8,3	5,5	5,9	2,8
Materia Orgánica (%)	9,77	16,60	3,55	64,81	--
Nitrógeno (%)	1,1	1,19	1,98	3,21	--
Fósforo (%)	0,67	1,27	0,51	0,99	--
Potasio (%)	0,77	0,76	0,15	0,36	--
Calcio (%)	8,40	2,16	7,74	2,13	10,62
Magnesio (%)	0,21	0,42	0,06	0,09	--
Hierro (%)	0,51	1,02	0,34	0,66	--
Cobre (mg.kg ⁻¹)	38,4	73,00	19,90	33,20	--
Zinc (mg.kg ⁻¹)	117,10	184,10	60,70	103,80	--
Manganeso (mg.kg ⁻¹)	48,60	569,00	216,50	341,30	
Azufre (%)	--	--	--	--	8,26

Compost Don Manuel: es un compost preparado en la finca del ensayo con residuos de cosecha y estiércol bovino.

Compost Minco Fertil (CMF): es un compost preparado de los desechos del matadero, principalmente con contenido de rumiantes de una preparación de carne.

Fosfoyeso: la producción de ácido fosfórico por vía húmeda para su uso, principalmente en la fabricación de fertilizantes fosfatados, polifosfatos sódicos para detergentes u otras aplicaciones, se prepara a partir de la roca fosfórica, con ácido sulfúrico al 70% y se genera un subproducto constituido fundamentalmente por sulfato cálcico hidratado, que se denomina fosfoyeso (Bolívar *et al.* 2008).

Manejo agronómico del cultivo

Preparación del suelo. La preparación del suelo se realizó de forma mecanizada, mediante labranza convencional; consistió de un paso de arado y un pase de rastra.

Siembra. La siembra se realizó con sembradora, a una distancia de 70 cm entre hileras y

20 cm entre plantas, para una población estimada de 74 000 p.ha⁻¹.

Manejo fitosanitario. Se realizó un monitoreo semanal para identificar los principales insectos asociados al cultivo y una aplicación de insecticida cipermetrina, 20% a razón de 250 ml.ha⁻¹, para el control de cogollero (*Spodoptera frugiperda*).

El sistema de riego utilizado fue por goteo con cintas y goteros separados a 30 cm con un caudal de 1,3 L.h⁻¹. La cosecha se realizó a los 97 días después de siembra (dds) usando una altura de corte de 35 cm.

Se utilizó un plan de fertilización integrado en toda el área experimental correspondiente con una fertirrigación orgánica y mineral, donde fueron considerados los resultados de los análisis del suelo y agua de riego. La fertirrigación orgánica correspondió al uso diario de fertilizantes orgánicos líquidos y bioestimulantes disponibles en el mercado, con presentaciones comerciales de empresas venezolanas (Tabla 4). Sin embargo, la necesidad total de fertilizantes para la fertirrigación mineral se calculó con base en la oferta de nutrientes en el suelo y las necesidades del cultivo maíz durante todo su ciclo.

Tabla 4. Insumos usados para el manejo de la fertirrigación orgánico-mineral.

A. Fertirrigación Orgánica (Dosis.ha ⁻¹)	
8 L Melagro 40	14 L Biol
12 L HVR15	9 L Sulfocálcico
60 g Subiol	12 kg Biofert 72
12 L CarboVit	8 L Biorend
12 L Makron	4 L Vitan
4 L Azospirillum brasilense	4 L Solubilizador de fósforo
20 L Vida	4 L Fitofol H15
12 kg Organifol	4 L Bactime
B. Fertirrigación mineral	
350 kg Urea	

La aplicación de fertirrigación orgánica comenzó a los 15 (dds), y se aplicó un producto

diferente cada día. Posteriormente, a los 22 (dds) se incorporó la fertirrigación mineral de manera

fraccionada hasta los 76 (dds), y a partir de los 39 (dds) se le duplicó la dosis de los fertilizantes durante 3 días.

Técnica de muestreo. Se midieron 4 plantas marcadas por Unidad Experimental (UE). Para los muestreos, se consideraron sólo las plantas marcadas, localizadas en el centro de la hilera, mientras que para la cosecha (97 dds), se seleccionaron 2 plantas del centro de cada UE. A esas plantas, durante su ciclo de vida se evaluaron las siguientes variables:

Variables evaluadas

Crecimiento de la planta. En horas de la mañana se realizaron 8 mediciones en cada unidad experimental a los 19, 26, 33, 40, 47, 54, 61 y 76 días después de siembra (dds). Para ello se tomaron 4 (4) plantas representativas, las cuales se marcaron con la finalidad de evaluar en cada muestreo las mismas plantas. Para determinar la altura de la planta (cm), se utilizó una regla, colocada desde el nivel del suelo hasta la hoja totalmente emergida, y el número de hojas se obtuvo al contar de manera manual el número total de hojas por planta. El Área foliar (AF) en cm^2 se obtuvo al medir con una cinta métrica el largo por el ancho de la hoja multiplicado por un factor de corrección de (0,75) (Tanaka y Yamaguchi 1984). Para grosor del tallo (GT), medidas en mm, se realizó con la ayuda de un vernier por debajo de la primera hoja.

Rendimientos en materia verde y seca de mazorca, tallo y hoja. La cosecha, a los 97 dds se realizó una toma de muestra destructiva para los respectivos análisis de crecimiento y desarrollo. Se tomaron 2 plantas al azar en cada UE, las cuales fueron removidas totalmente y posteriormente, fueron llevadas hasta el lugar donde se seccionaron en hojas, tallo y mazorca, estas fueron pesadas para obtener la materia verde de cada una de ellas. Seguidamente fueron colocadas en una estufa a 75°C por 72 horas para la obtención de la masa seca respectivamente.

Índice verde de las plantas (IVP). Se realizaron 8 mediciones, a los 19, 26, 33, 40, 47, 54, 61 y 76 dds. En cada UE se colectaron 4 plantas al azar para medir las unidades SPAD en las hojas de las plantas, para ello se utilizó un Clorofilometro Minolta 502. La medida se registró en el centro de la hoja completamente expandida con lígula visible, y se consideró que no tocara la nervadura central de hoja.

Adicionalmente, se realizó un análisis foliar al cultivo de maíz, para cada uno de los tratamientos evaluados, para ello. En cada UE, se realizó un muestreo foliar a los 76 dds. Las muestras foliares fueron enviadas para los análisis respectivos al laboratorio de análisis de suelo-agua-planta del INIA Yaracuy y Edafofinca para determinar P, K, Ca y Mg.

Análisis de los datos. Posterior a obtener los resultados, estos fueron evaluados con el programa estadístico SAS, para el Análisis de Varianza y para las pruebas de media a través de Duncan, usando un valor de probabilidad de ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Crecimiento del cultivo de maíz para ensilaje, usando fertirriego orgánico-mineral

Altura de plantas (AP). La AP fue en ascenso hasta el último muestreo realizado, donde el Tratamiento T2 (Compost Minco Fértil) fue el que presentó mayor AP en comparación con el resto de los tratamientos en la mayoría de los días evaluados después de la siembra; mientras que el Tratamiento T3 (Fosfoyeso) presentó menor altura de la planta o igual altura de planta que el tratamiento testigo (T6), en la mayoría de los días evaluados (Tabla 5). Estos valores corresponden a los obtenidos por Ávalos *et al.* (2018) al utilizar diferentes fuentes de fertilización orgánica en maíz forrajero y por Zamora *et al.* (2008), quien obtuvo el mayor valor de altura con el uso de enmiendas orgánicas como estiércol de chivo y fertipollo en el cultivo de papa.

Tabla 5. Efecto de 3 tipos de enmiendas y sus combinaciones en la altura de plantas de maíz (cm) (Híbrido Pioneer 30F35) para ensilaje durante su crecimiento, con un programa de fertilización orgánica mineral.

Tratamiento	Día después de siembra (dds)							
	19	26	33	40	47	54	61	76
T1	25,41 b	33,46 b	56,18 b	84,28	124,33 c	178,59 ab	204,08 ab	231,06 a
T2	30,49 a	40,63 a	63,41 a	92,56	140,46 a	185,97 a	211,31 a	229,38 ab
T3	25,73 b	35,59 ab	56,04 b	85,65	122,87 c	165,19 c	196,56 b	221,94 bc
T4	24,56 b	35,79 ab	58,70 ab	87,61	136,92 ab	179,44 ab	204,38 ab	225,81 ab
T5	26,52 b	35,33 ab	57,92 ab	84,32	125,47 bc	164,64 c	196,56 b	217,81 c
T6	27,29 ab	35,76 ab	59,56 ab	86,39	129,72 abc	174,50 bc	203,56 ab	225,81 ab
Significancia	**	*	*	ns	**	**	*	*
Promedio	26,67	36,09	58,64	86,8	129,96	174,72	202,74	225,3
CV%	14	15	10	12	9	6	6	5

Medios con igual letra no son diferentes significativamente según la prueba estadística de medias de Duncan a una probabilidad de $\leq 0,001^{**}$ y $\leq 0,05^{*}$. T1 = compost don Manuel (CDM), T2 = compost Minco Fértil (CMF), T3 = fosfoyeso (FY), T4 = CDM+FY, T5 = CMF+FY, T6 = tratamiento control sin enmiendas, ns = no significativo y CV = coeficiente de variación.

Resultados similares fueron reportados por Sánchez *et al.* (2008), quienes reportaron incrementos en la altura de planta cuando se aplicó una dosis de 161 kg de nitrógeno por hectárea.

Sánchez y Delgado (2008) identificaron una diferencia en AP los primeros 30 dds en el cultivo de maíz, por efecto de los niveles de N, no obstante, el valor de altura que obtuvieron (máx. 23,32 cm) se encuentra muy por debajo del conseguido en este estudio (min. 33,46 cm) a los 26 dds, que puede deberse a diferentes condiciones edafoclimática, variedad sembrada y al uso de las enmiendas.

Lagunes *et al.* (2018) reportaron que el uso de compost afecta positivamente la altura de la planta en el cultivo de papa. Por otro lado, Ulloa (2015) y Ruíz *et al.* (2007) señalaron que el uso de bioles y gallinaza como enmienda orgánica aumentan el crecimiento vegetativo en otros cultivos como rábano y cebolla.

Número de hojas (NH). En relación con el número de hojas de la planta (NH) hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) (Tabla 6) en las observaciones realizadas a los 33, 40 y 61 dds, donde el compost Minco fértil (T2) presentó los valores más altos, debido a que el cultivo de maíz reacciona positivamente para esta variable con los niveles de N aportados en el suelo (Aguilar *et al.* 2015). Se puede deducir que el compost Minco fértil hace soluble este nutriente para la planta, lo cual coincide con los resultados de Daur y Bakhshwain (2013), quienes reportaron un aumento en el número de hojas de la planta de maíz forrajero a medida que aumentaron la dosis de ácido húmico aplicado al suelo y atribuyeron este aumento a una mejora de la condición del suelo de la zona de la raíz.

Tabla 6. Efecto de 3 tipos de enmiendas y sus combinaciones en el número de hojas de plantas de maíz (Híbrido Pioneer 30F35) para ensilaje durante su crecimiento, con un programa de fertilización orgánica mineral.

Tratamiento	Día después de siembra (dds)							
	19	26	33	40	47	54	61	76
T1	5,69	7,5	9,56 ab	10,62 b	11,25	12,18	13,00 ab	12,81
T2	6,06	8	10,13 a	11,75 a	11,94	12,37	13,56 a	12,63
T3	5,75	8,19	9,19 b	11,00 ab	11,25	11,93	12,87 b	12,5
T4	6	8,19	9,81 ab	11,13 ab	11,38	12,43	12,81 b	12,81
T5	5,94	8,06	9,44 ab	11,31 ab	11,31	12,06	13,12 ab	12,56
T6	5,81	7,75	9,44 ab	11,06 ab	11,5	12,12	12,81 b	12,44
Significancia	ns	ns	*	*	ns	ns	*	ns
Promedio	5,88	7,95	9,59	11,15	11,44	12,18	13,03	12,63
CV%	10	9	8	8	8	5	5	4

Medios con igual letra no son diferentes significativamente según la prueba estadística de medias de Duncan a una probabilidad de $\leq 0,001^{**}$ y $\leq 0,05^{*}$. T1 = compost don Manuel (CDM), T2 = compost Minco Fertil (CMF), T3 = Fosfoyeso (FY), T4 = CDM+FY, T5 = CMF+FY, T6 = tratamiento control sin enmiendas, ns = no significativo y CV = coeficiente de variación.

Lazo *et al.* (2014) encontraron entre 9 a 10 hojas a los 38 y 42 días después de la siembra con diferentes dosis de sustancias húmicas, las cuales estaban por debajo del promedio de los identificados en este trabajo. Estos resultados son similares a los obtenidos por Suarez (2011), donde la tendencia del número de hojas tuvo el mismo comportamiento de la altura hasta el día 60, con la aplicación de vermicompost de estiércol de cerdo y bovino y compost de estiércol de pollo en el cultivo de papa, bajo una fertilización orgánica mineral. Rodríguez (2009) también señala que el uso de materiales orgánicos seguidos de una fertilización combinada afecta favorablemente, el número de hojas.

Bautista *et al.* (2015) también señala que el uso de materiales orgánicos seguidos de una fertilización combinada afecta de manera positiva el número de hojas en el cultivo de pimentón. Por su parte, Rondón (2010) y Ramírez (2012) encontraron que la fertilización orgánica mineral tuvo un efecto significativo a los 60 dds, ya que obtuvieron la mayor tendencia comparada con fertilizaciones convencionales y fertilización orgánica, donde el mayor NH lo obtuvo con

compost de estiércol de pollo, según las personas autoras puede ser atribuido al alto contenido de nitrógeno que posee este material orgánico.

Diámetro del tallo. Para la variable diámetro del tallo (cm) de la planta (GT), no se observó diferencia significativa ($p > 0,05$) para ningún tratamiento durante la evaluación del cultivo. El valor promedio durante el primer muestreo fue de $8,33 \pm 1,37$, para el segundo muestreo de $13,03 \pm 2,26$, y de $19,02 \pm 2,82$; $24,19 \pm 3,03$; $24,77 \pm 3,08$; $24,16 \pm 3,05$; $21,16 \pm 3,10$ para el resto de los muestreos. Estos resultados fueron similares a los obtenidos por Zamora *et al.* (2008), en el cual, al probar diversos fertilizantes orgánicos, no encontraron diferencias significativas en el grosor del tallo. Sin embargo, Lazo *et al.* (2014) encontraron que de sustancias húmicas y vermicompost, respectivamente, en la fertilización del maíz forrajero, hay un incremento significativo en el diámetro del tallo.

Área foliar. Se observa en la Tabla 7, que a los 40, 47 y 76 dds, el Compost Minco Fertil

presentó la mayor área foliar, con valores similares a los reportados por Sánchez *et al.* (2011), encontraron área foliar entre 5834 y 7515 cm² para un genotipo criollo y de 4342 a 4344 cm² para los híbridos evaluados. Una mayor área foliar estuvo asociada con el mayor contenido

de nitrógeno que se aportó en la fertilización orgánica mineral. Ríos *et al.* (2019) encontraron que el área foliar se incrementó en forma significativa con la aplicación de N al suelo, con una fertilización convencional al compararla con humus de lombriz.

Tabla 7. Efecto de 3 tipos de enmiendas y sus combinaciones en el área foliar (cm²) de plantas de maíz (Híbrido Pioneer30F35) para ensilaje durante su crecimiento, con un programa de fertilización orgánica mineral.

Tratamiento	Día después de siembra (dds)							
	19	26	33	40	47	54	61	76
T1	305	1011	2701 a	4879 b	7466 ab	9193	8392	9763 a
T2	407	1214	3377 a	7109 a	9067 a	9087	8482	9616 ab
T3	369	1092	2592 a	5415 b	7022 b	8324	8121	8619 c
T4	347	1275	3267 a	6002 ab	8065 ab	9207	8124	9415 abc
T5	341	1098	3668 a	5209 b	7567 ab	8983	8212	9398 abc
T6	332	1178	3022 a	5682 b	7373 b	8681	7911	8778 bc
Significancia	ns	ns	*	**	*	ns	ns	*
Promedio	350,16	1144,6	2937,6	5716,1	7760,1	8913,4	8206,9	9265
CV%	37	36	28	23	21	13	10	12

Medios con igual letra no son diferentes significativamente según la prueba estadística de medias de Duncan a una probabilidad de $\leq 0,001^{**}$ y $\leq 0,05^{*}$. T1 = compost don Manuel (CDM), T2 = compost Minco Fertil (CMF), T3 = Fosfoyeso (FY), T4 = CDM+FY, T5 = CMF+FY, T6 = tratamiento control sin enmiendas, ns = no significativo y CV = coeficiente de variación.

Efecto de 3 enmiendas y sus combinaciones sobre el rendimiento de maíz. En la Tabla 8 se puede observar que el cultivo respondió positivamente en relación con la producción de biomasa verde y seca en hoja, mazorca y total cuando se aplicaron las enmiendas orgánicas al ser comparadas con el testigo y las

enmiendas minerales, las cuales presentaron valores más bajos, lo que podría indicar que el uso de un compost estable de buena calidad, independiente de su naturaleza alcalina o ácida, favorecerá y fortalecerá la materia orgánica del suelo y por ende su balance, fertilidad y salud en los trópicos.

Tabla 8. Efecto de 3 enmiendas y sus combinaciones en la producción de materia verde y seca de plantas de maíz (Híbrido Pioneer 30F35), para ensilaje con un programa de fertilización orgánica mineral.

Tratamiento	Materia Verde (kg.ha ⁻¹)				Materia Seca (kg.ha ⁻¹)			
	Tallo	Hoja	Mazorca	Total	Tallo	Hoja	Mazorca	Total
T1	12196	14595 a	25481 a	52273 a	3280	4727	9263	17270 ab
T2	12035	14461 a	25869 a	52364 a	3160	4640	9744	17544 a
T3	10226	12509 b	20651 ab	43386 b	2859	4156	7831	14845 bc
T4	10708	12784 ab	20657 ab	44149 b	3023	4288	7680	14991 bc
T5	10243	12197 b	19835 b	42275 b	2802	4164	7299	14266 c
T6	11045	12239 b	19628 b	42912 b	3058	4233	7530	14821 bc
Significancia	ns	*	*	*	ns	ns	ns	*
Promedio	11075	13131	22020	46227	3030	4368	8224	15623
CV (%)	16	13	22	16	12	12	23	15

Medios con igual letra no son diferentes significativamente según la prueba estadística de medias de Duncan a una probabilidad de $\leq 0,001^{**}$ y $\leq 0,05^{*}$. T1= compost don Manuel (CDM), T2 = compost Minco Fertil (CMF), T3 = Fosfoyeso (FY), T4 = CDM+FY, T5 = CMF+FY, T6 = tratamiento control sin enmiendas, ns = no significativo y CV = coeficiente de variación.

Resultados similares fueron obtenidos por Cortés (2015), quien señaló que la producción de biomasa en un cultivo aumenta con la aplicación de materiales orgánicos al compararlos con la fertilización convencional. En cuanto a la variable materia seca, Aguirre *et al.* (2015) registraron diferencias significativas para el tratamiento fertipollo más fertilización mineral en el cultivo de maíz, lo cual puede deberse a la mayor incorporación de una mayor fuente de nitrógeno.

Por su parte, Tapia y Sedillo (2018) con enmiendas orgánicas en combinación con abonos químicos en el cultivo de maíz y frijol, identificaron que las fertilizaciones combinadas favorecen el rendimiento del cultivo. Igualmente, Sosa y García (2018) encontraron un efecto positivo con el uso de diferentes compost en el rendimiento del cultivo de papa bajo una fertilización orgánica mineral, al ser comparadas con las fertilizaciones convencionales y orgánicas. Las personas autoras sugieren que esos resultados pueden deberse a la apropiada y balanceada disponibilidad de nutrientes y biota benéfica aportada por los compost, en una buena simbiosis con la balanceada y apropiada fertilización mineral

aplicada, que mejora la fertilidad del suelo y genera plantas sanas con altos rendimientos. La incorporación de las enmiendas orgánicas al suelo aumentó la producción de biomasa y rendimientos del cultivo de maíz, importante para la producción de forraje. Así, Ávalos *et al.* (2018) al utilizar estiércol como fuente fertilizante, observaron incrementos en el rendimiento de forraje verde y seco.

Sánchez *et al.* (2011) obtuvieron un rendimiento en forraje de genotipos en varias densidades. En el genotipo criollo encontraron un promedio de 44,2 ton.ha⁻¹ de materia verde, estadísticamente superior ($p \leq 0,05$) en 26,5% al testigo VS-536 (32,5 ton.ha⁻¹). Al comparar los rendimientos de materia verde del presente ensayo, se obtuvo una diferencia significativa entre el testigo (42,9 ton.ha⁻¹) y el tratamiento T2 con mayor rendimiento (52,3 ton.ha⁻¹) superando al testigo en un 18%.

En cuanto a la materia seca total (Tabla 8) el compost Minco Fertil y Don Manuel superaron estadísticamente al testigo. En la producción de Maíz para ensilaje en necesaria la obtención de un adecuado porcentaje de MS para asegurar una

apropiada fermentación y consumo por parte del ganado (Fassio *et al.* 2018).

Para Ríos *et al.* (2019) En el análisis de silos la MS es una de las variables más utilizadas ya que indica en qué momento del ciclo vegetativo de la planta se realizó el ensilaje y además qué % MS tiene la materia verde que disponemos en el silo, esta puede oscilar del 16 al 50%, aunque el momento óptimo de la cosecha se sitúa alrededor del 35% para mejorar la producción por hectárea,

los costos y el mayor rendimiento de MS digestible por unidad de superficie (Cattani 2009). En los tratamientos utilizados para el estudio, se encontró un porcentaje alrededor del 34%.

Medida SPAD. Los valores del Índice Verde de la Planta (IVP) o contenido de clorofila, empleado como método de diagnóstico nutricional no destructivo, medido en unidades SPAD se observan en la Tabla 9.

Tabla 9. Efecto de 3 tipos de enmiendas y sus combinaciones en el Índice Verde de plantas de maíz (Híbrido Pioneer30F35) para ensilaje durante su crecimiento, con un programa de fertilización orgánica mineral.

Tratamiento	Día después de siembra (dds)							
	19	26	33	40	47	54	61	76
T1	34,11 b	39,36	49,23 a	48,91 a	51,70 bc	52,75 a	55,28 b	55,47 a
T2	37,69 a	43,17	46,95 b	47,39 ab	49,98 c	52,77 a	57,18 a	52,60 a
T3	35,38 ab	39,69	47,28 b	46,60 b	52,35 abc	48,92 b	54,45 b	54,67 a
T4	34,53 ab	39,73	47,10 b	47,53 ab	52,60 ab	52,15 a	53,83 b	53,10 b
T5	37,89 a	39,57	47,05 b	46,37 b	54,38 a	51,37 a	54,70 b	53,00 b
T6	32,95 b	36,44	46,23 b	47,91 ab	52,80 ab	52,90 a	51,75 c	55,03 a
Significancia	**	ns	**	**	**	**	**	**
Promedio	35,43	39,66	47,3	47,45	52,3	51,81	54,53	54,31
CV%	9	18	3	3	4	3	3	3

Medios con igual letra no son diferentes significativamente según la prueba estadística de medias de Duncan a una probabilidad de $\leq 0,001^{**}$ y $\leq 0,05^{*}$. T1 = compost don Manuel (CDM), T2 = Compost Minco Fertil (CMF), T3 = Fosfoyeso (FY), T4 = CDM+FY, T5 = CMF+FY, T6 = tratamiento control sin enmiendas, ns = no significativo y CV = coeficiente de variación.

Se obtuvo una diferencia estadística, altamente significativa ($p < 0,01$) para todas las evaluaciones realizadas a excepción de la tomada a los 26 dds, al ser los tratamientos T2 y T5 el máximo valor obtenido por T2, puede deberse a un mayor aporte del contenido de nitrógeno que posee este compuesto. Según Orozco *et al.* (2016), en los estados de desarrollo inicial del cultivo de maíz existe una competencia por nitrógeno entre la planta y los microorganismos del suelo, por lo que el uso de enmiendas orgánicas permite que los nutrientes se encuentren disponibles. Por otro lado, el cambio en los valores en el IVP pueden deberse a que la planta detiene su crecimiento

vegetativo para pasar a un estado reproductivo, por lo que disminuye los niveles de nitrógeno en hoja. El contenido de N puede ser utilizado por la planta para el proceso de floración y llenado de la mazorca (Muchow y Sinclair 1994).

Castellanos *et al.* (2017) consideran, para la época vegetativa, valores de SPAD inferiores a 35,3, son equivalentes a un contenido de N de 1,83% en las hojas, lo cual indica que es necesario aplicar N, mientras que en la época reproductiva se mantiene una buena relación entre valores SPAD y el porcentaje de N, encontrando que lecturas SPAD inferiores a 56, equivalentes a 2,3% de N, en este caso en ambas unidades, se encuentran por

encima de estos valores, lo que infiere que el N se encuentra óptimo en el cultivo.

Análisis foliar. Los resultados de los análisis foliares, tomados a los 76 dds, arrojaron que no hubo efectos significativos por parte de las enmiendas estudiadas en la nutrición del cultivo para las variables fósforo (%P $0,19 \pm 0,01$), potasio (%K $2,06 \pm 0,09$), calcio (%Ca $0,33 \pm 0,05$) y magnesio (%Mg $0,19 \pm 0,01$). Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Mukthamar *et al.* (2016) en un cultivo de maíz donde no hubo efecto significativo sobre el contenido de P y K foliar al usar compost comerciales como enmiendas orgánicas bajo diferentes planes de fertilización mineral, orgánica y orgánica mineral. Por otro lado, difieren a los obtenidos por Tejada *et al.* (2018) y Ávalos *et al.* (2018), donde el uso de abonos orgánicos tuvo diferencia significativa con el testigo absoluto en los valores de fósforo y potasio. Esto se debe a que los fertilizantes de naturaleza orgánica y orgánica mineral aumentan las condiciones de fertilidad del suelo (Medina *et al.* 2011). Es decir, el uso de estas enmiendas orgánicas mejorará las condiciones de nutrición del cultivo.

Asimismo, Cabrales *et al.* (2019), al estudiar la nutrición del maíz en suelos ácidos de Venezuela, encontraron una respuesta óptima al N y del P y una adecuada correlación entre los rendimientos obtenidos y la acumulación de elementos nutritivos en la hoja, cuando se combinó la fertilización orgánica con el uso de micorrizas en el cultivo de maíz.

Ramírez y Bandre (1978), Howeler (1983) proponen los siguientes valores de suficiencia, para lograr rendimientos óptimos, siempre y cuando no existan otros factores limitantes: de 0,20 a 0,40% para P; de 1,30 a 2,00% para K, de 0,25 a 0,50% para Ca y de 0,25 a 0,40% para Mg, lo que coincide con los valores encontrados en este trabajo. Se presume que los valores de fósforo y magnesio se encuentran bajos, el potasio se encuentra con valores altos a excepción del calcio que se encuentra con valores óptimos.

Los resultados observados para las variables vegetativas en el crecimiento del maíz se vieron favorecidas por el aporte de nitrógeno en forma de Urea (350 kg.ha^{-1}) y el contenido de micronutrientes en los compost. En este sentido, Beistegui (2014) señala que el cultivo responde a la fertilización en la etapa de floración con urea disuelta al momento del riego, asimismo, el aumento de la fertilización nitrogenada produce un incremento en el rendimiento de materia seca, lo que aumenta además, el contenido proteico del grano de maíz (Muchow y Sinclair 1994). En cuanto a los micronutrientes presentes en los compost, coincide con lo reportado por Torres *et al.* (2016), quienes identificaron valores altos de Cu, Mn, Fe y Zn en 4 compost usados por personas agricultoras de la región de Quíbor en el occidente de Venezuela, el aporte de micronutrientes es importante ya que estos, aunque en pequeñas cantidades, intervienen en diversos procesos enzimáticos que regulan el metabolismo de las plantas, que favorecieron principalmente el crecimiento vegetativo, floración y fructificación. Lakshmi *et al.* (2013) y Krishna *et al.* (2010) también señalan que los vermicompost tienen un contenido más alto de micronutrientes, lo cual es atribuido a la naturaleza y composición de los residuos orgánicos.

No obstante, a las ventajas que presentan los microelementos, debe prestarse atención a elevadas concentraciones, ya que pueden conllevar a toxicidad en las plantas (Binner y Schenk 2013), en este sentido, Michaud *et al.* (2008) afirman que altas concentraciones, por ejemplo, de Cu y Zn, está asociado a rizotoxicidad que afecta la elongación de las raíces.

En términos generales el uso de enmiendas orgánicas, mediante fertirrigación para incrementar la producción del rendimiento de maíz para ensilaje, constituye una alternativa sostenible en las regiones tropicales, donde las fuentes de agua y los costos de agroquímicos establecen una limitante económica para la producción, además, aumentaría la oferta de alimento para la alimentación animal en épocas de sequía y como consecuencia una posible mayor ganancia diaria de producción de leche.

CONCLUSIONES

La mejor enmienda para las variables de crecimiento altura de la planta, número de hojas y área foliar fue el compost Minco fértil.

Los mejores rendimientos del cultivo de maíz para ensilaje, así como la materia seca total fueron obtenidos usando solo Compost Don Manuel o Compost Minco Fértil.

El uso de estas enmiendas orgánicas y minerales generó efectos favorables en el crecimiento y producción del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

Las personas autoras agradecen al CDCHT- UCLA por la aprobación del proyecto 005 RAG-2014 y al señor Julio Anzola propietario de la finca.

LITERATURA CITADA

- Aguilar Carpio, C; Escalante Estrada, JAS; Aguilar Mariscal, I. 2015. Análisis de crecimiento y rendimiento de maíz en clima cálido en función del genotipo, biofertilizante y nitrógeno. *Terra Latinoamericana* 33(1):51-62.
- Aguirre Yato, G; Alegre Orihuela, J. 2015. Uso de fuentes no convencionales de nitrógeno en la fertilización del maíz (*Zea mays* L.), en Cañete (Perú). I: rendimiento y extracción de N, PYK. *Ecología Aplicada* 14(2):157-162.
- Álvarez-Solis, J; Gómez-Velasco, D; León-Martínez, N; Gutiérrez-Miceli, F. 2010. Manejo integrado de fertilizantes y abonos orgánicos en el cultivo de maíz. *Agrociencia* 44(5):575-586.
- Ávalos de la Cruz, M; Figueroa, U; García, J; Vázquez, C; Gallegos, M; Castillo, A. 2018. Bioinoculantes y Abonos Orgánicos en la Producción de Maíz Forrajero. *Nova Scientia* 10(1):170-189.
- Barrios, M; Pérez, D. 2018. Efecto de la aplicación continúa de estiércol bovino sobre el crecimiento y producción de maíz y características químicas del suelo. *Bioagro* 30(2):117-124.
- Bautista, A; Cruz, G; Rodríguez, M. 2015. Efecto de bocashi y fertilizantes de liberación lenta en algunas propiedades de los suelos con maíz (*Zea mays*). *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 6(1):217-222.
- Bautista-Cruz, A; Etchevers-Barra, J; del Castillo, R; Gutiérrez, C. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores. *Ecosistemas* 13:96-105.
- Beistegui, J. 2014. Fertilización en maíz. Río Colorado, Argentina, CORFO. 6 p.
- Binner, I; Schenk, M. 2013. Manganese in substrate clays - harmful for plants?. *J. Plant. Nutr. Soil Sci.* 176(5):809-817.
- Bolívar, JP; García-Tenorio, R; Matarranz, JL. 2008. Evaluación radiológica del apilamiento de fosfoyesos de las marismas del río Tinto (Huelva). *Alfa, Revista de Seguridad Nuclear y Protección Radiológica* 1:39-45.
- Cabral, E; López-Hernández, D; Toro, M. 2019. Effect of Inoculation with Glomeromycota Fungi and Fertilization on Maize Yield in Acid Soils. *In* Zúñiga-Dávila, D; González-Andrés, F; Ormeño-Orrillo, E. (eds.). *Microbial Probiotics for Agricultural Systems. Sustainability in Plant and Crop Protection*. Springer, Cham. p. 205- 212. DoI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-17597-9_14
- Castellanos-Reyes, MA; Valdés-Carmenate, R; Guridi-Izquierdo, F; López-Gómez, A. 2017. Evaluación de formas de aplicación de fertilizante en híbrido de maíz (*Zea mays* L.) Espinal-Colombia. *Revista Ingeniería Agrícola* 7(3):45-50.
- Cattani, P. 2009. ¿Maíz pasado? No se preocupe, no es tan grave. *Revista Producir XXI Bs. As.* 17(207):42-47.
- Cortés, J. 2015. Producción sostenida de maíz, utilizando fertilización mixta en agroecosistemas de temporal. *Ciencia Nicolaita* 65:139-164.
- Daur, I; Bakhshwain, A. 2013. Effect of humic acid on growth and quality of maize fodder production. *Pakistan Journal of Botany* 45:21-25.
- Fassio, A; Ibañez, W; Fernández, E; Cozzolino, D; Pérez, O; Restaino, E; Pascal, A; Rabaza, C; Vergara, G. 2018. El cultivo de maíz para la producción de forraje y grano y la influencia del agua. Serie Técnica N°. 239. Montevideo, Uruguay, Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA). 59 p.
- García, J. 2012. Efectos de los compost sobre las propiedades del suelo: evaluación comparativa de compost con separación en origen y sin separación en origen. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena, Colombia. 108 p.
- González-Salas, U; Gallegos-Robles, MÁ; Vázquez-Vázquez, C; García-Hernández, JL; Fortis-Hernández, M; Mendoza-Retana, S. 2018. Productividad de genotipos de maíz forrajero bajo fertilización orgánica y propiedades físico-químicas del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 9(SPE20):4331-4341.
- Gudelf, VJ; Vallone, PS; Galarza, CM; Anselmi, HJ; Donadio, HR; Salafia, AG; Conde, MB. 2018. Evaluación de la fertilización en maíz con nitrógeno, fósforo, azufre y zinc. Estación Experimental Agropecuaria Marcos Juárez, Córdoba, Argentina, Ediciones INTA. s.p.

- Howeler, RH. 1983. Análisis del tejido vegetal en el diagnóstico de problemas nutricionales: algunos cultivos tropicales. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical. 28 p.
- Krishna, M; Sreenivasan, N; Prakash, S. 2010. Chemical and biochemical properties of Parthenium and Chormolaena compost. *Inter. J. Sci. and Nature*, 1(2):166-171.
- Lakshmi, R; Rao, P; Sreelatha, T; Madahvi, M; Padmaja, G; Rao, V; Sireesha, A. 2013. Manurial value of different vermicomposts and conventional composts. *Global Advanced Research Journal of Agricultural Science* 2(2):9-64.
- Lagunes-Domínguez, A; Vilaboa-Arroniz J; Platas-Rosado, D; López-Romero, G; Alonso-López, A. 2018. Evaluación de diferentes niveles de composta como estrategia de fertilización en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). *Agroproductividad* 11(1):32-36.
- Lazo, J; Ascencio, J; Ugarte, J; Yzaguirre, L. 2014. Efecto del humusbol (humato doble de potasio y fósforo) en el crecimiento del maíz en fase vegetativa. *Bioagro* 26(3):143-152.
- Medina, M; Fatecha, D; Rolón, G. 2011. Efecto de la fertilización mineral, orgánica y órgano-mineral en la producción de caña de azúcar de segundo año. *Investig. Agrar.* 13(1):49-52.
- Michaud, A; Chappellaz, C; y Hinsinger, P. 2008. Copper phytotoxicity affects root elongation and iron nutrition in durum wheat (*Triticum turgidum durum* L.). *Plant Soil* 310:151-165.
- Montemayor-Trejo, A; Lara-Míreles, L; Woo-Reza, L; Munguía-López, J; Rivera-González, M; Trucíos-Caciano, 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.
- Muchow, RC; Sinclair, TR. 1994. Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize and sorghum. *Crop Sci.* 34:721-727.
- Muktamar, Z; Setyowati, N; Sudjarmiko, S; Chozin, M. 2016. Selected macronutrient uptake by sweet corn under different rates of liquid organic fertilizer in closed agriculture system. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology* 6(2):258-261.
- Orozco, J; Ramírez, R; Segura, M; Yescas, P; Trejo, R; Vidal, J. 2016. Fuentes de nitrógeno en el crecimiento y producción de biomasa en maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 7(1):185-194.
- Pedroza Sandoval, A; Ríos Flores, JL; Torres Moreno, M; Cantú Brito, JE; Piceno Sagarnaga, C; Yáñez Chávez, LG. 2014. Eficiencia del agua de riego en la producción de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*): impacto social y económico. *Terra Latinoamericana* 32(3):231-239.
- Ramírez, H. 2012. Fertilización orgánica en el crecimiento, producción, fertilidad del suelo y la transición ecológica de la papa. Tesis de Ascenso. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Barquisimeto, Venezuela. 89 p.
- Ramírez, R; Bandre, L. 1978. Nutrición del maíz en Venezuela. U. Respuesta del maíz al nitrógeno, fósforo y potasio y su composición foliar en la región del estado Cojedes. *Agron. Trop.* 28 (4):347-361.
- Ríos, M; Gómez-Martínez J; Bolaños, R; Gutiérrez, C. 2019. Fertilización sintética y orgánica y su efecto en la producción de maíz, variedad Nutrinta Amarillo. *Revista Científica* 19(32):41-47.
- Rizo-Mustelier, M; Vuelta-Lorenzo, D; Lorenzo-García, A. 2017. Agricultura, Desarrollo Sostenible, Medioambiente, Saber Campesino Y Universidad Ciencia en su PC. 2:106-120.
- Rodríguez, N. 2001. Identificación y caracterización de indicadores de sostenibilidad de los tipos de uso de la tierra en las series El Patillal y San Isidro de la Llanura de Coro, estado Falcón. Tesis de Maestría. Universidad Central de Venezuela, Facultad de Agronomía. 101 p.
- Rodríguez, U. 2009. Crecimiento, desarrollo y producción de pimentón bajo fertilización orgánica y mineral en Quibor Edo-Lara. Tesis de pregrado. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado", Barquisimeto, Venezuela. 53 p.
- Romero, L; Aronna, S. 2004. Siembra de maíz para silaje. Proyecto regional de Lechería. Campaña de Forrajes Conservados 2003-2004. Rafaela, Argentina, INTA. s.p.
- Rondón, H. 2010. Uso de diferentes compost en el crecimiento, desarrollo y producción de la papa bajo fertirrigación orgánica-mineral en Duaca Estado Lara. Tesis de Pre-grado. Decanato de agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Lara, Venezuela. 59 p.
- Ruiz, C; Russian, T; y Domingo, T. 2007. Efecto de la fertilización orgánica en el cultivo de cebolla. *Agronomía Tropical* 57(1):7-14.
- Sánchez, A; Rodríguez, V; Chávez, S; Lorbes, J. 2008. Efecto del nivel de nitrógeno y fertilización P – K sobre el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). *Rev. Unell. Cienc. Tec.* 26:62-70.
- Sánchez, F; Delgado, J. 2008. Efecto de la aplicación del compost sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. *In* Casco, J; Herrero, R. (ed.). *Compostaje*. Madrid, España, Ediciones Mundi-Prensa 570 p.
- Sánchez-Hernández, M; Aguilar-Martínez, C; Valenzuela-Jiménez, N; Sánchez-Hernández, C; Jiménez-Rojas, M; Villanueva-Verduzco, C. 2011. Densidad de siembra y crecimiento de maíces forrajeros. *Agronomía Mesoamericana* 22(2):281-295.

- Sánchez, W; Hidalgo, C. 2018. Potencial forraje de nueve híbridos de maíz en la zona alta lechera de Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana* 29(1):153-155.
- Sosa, B; García, Y. 2018. Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. *Agronomía Mesoamericana* 29(1):207-219.
- Soto-Mora, ES; Hernández-Vázquez, M; Luna-Zendejas, HS; Ortiz-Ortiz, E; García-Gallegos, E. 2016. Evaluación del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas y su relación carbono/nitrógeno. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 3(5):98-102.
- Suarez, M. 2011. Uso de diferentes compost en el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo de papa en Duaca Estado Lara. Tesis de Pre-grado. Decanato de Agronomía. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA). Lara, Venezuela. 55 p.
- Tapia, LG; Sedillo, IR. 2018. Fertilización mineral y orgánica en el cultivo intercalado maíz-frijol asociados y haba en un Andosol del Estado de México. *Producción Agropecuaria y Desarrollo Sostenible* 7:29-40.
- Tanaka, A; Yamaguchi, J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Centro de Botánica. Colegio de Postgraduados, Chapingo. México. 120 p.
- Tejada, M; Rodríguez-Morgado, B; Paneque, P; y Parrado, J. 2018. Effects of foliar fertilization of a biostimulant obtained from chicken feathers on maize yield. *European Journal of Agronomy* 96:54-59.
- Teyssier, RA; Ruiz, EA; Rodríguez, JDDG; Hernández, JIO; González, ÁB; López, SV; Salgado, JHH. 2018. Response of maize genotypes (*Zea mays* L.) to different fertilizers sources in the Valley of Puebla. *Revista Terra Latinoamericana* 36(1):49-59.
- Trejo-Escareño, H; Salazar-Sosa, E; López Martínez, J; Vázquez-Vázquez, C. 2013. Impacto del estiércol bovino en el suelo y producción de forraje de maíz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 4(5):727-738.
- Torres, D; Mendoza, B; Marco, L; Gomez, C. 2016. Calidad de abonos orgánicos empleados en la depresión de Quíbor-Venezuela bajo ambientes protegidos. *Cienc Tecn UTEQ* 9(2):1-10.
- Ulloa, J. 2015. Valoración de tres tipos de viles en la producción de rábano (*Raphanus sativus*) (Tesis de maestría en Gestión y Auditorías Ambientales). Universidad de Piura, Piura, Perú. 123 p.
- Zamora, F; Sánchez, A; Domingo, T. 2008. Evaluación biométrica de dos variedades de papa, en la zona alta del estado Falcón, Venezuela. *Agronomía Tropical* 58(1):41-43.



Todos los derechos reservados. Universidad de Costa Rica. Este artículo se encuentra licenciado con Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 3.0 Costa Rica. Para mayor información escribir a rac.cia@ucr.ac.cr