

## Short Note [Nota corta]


**BIOFERTILIZANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE MAÍZ EN EL SISTEMA MILPA EN UN LUVISOL DE YUCATÁN, MÉXICO †**
**[BIOFERTILIZERS FOR MAIZ PRODUCTION IN A MILPA SYSTEM ON A LUVISOL IN YUCATAN, MÉXICO]**

**J.A. Cough-Moo, J.B. Castillo-Caamal<sup>\*</sup>, B.A. Balam-Cocom and J.A. Caamal-Maldonado**

*Universidad Autónoma de Yucatán-Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Km 15.5 Carretera Mérida-Xmatkuil, C.P. 97315; Mérida, Yucatán, México. Emails: [alexander.cough.1607@gmail.com](mailto:alexander.cough.1607@gmail.com); [jose.castillo@correo.uady.mx](mailto:jose.castillo@correo.uady.mx); [balambeatriz16@gmail.com](mailto:balambeatriz16@gmail.com)*

*\*Corresponding autor*

**SUMMARY**

**Background.** The effect of soil fertility and productivity depletion on the milpa system is, in most cases, compensated with the use of agrochemicals, which can be unsustainable on the long-term. Agroecological practices, such as the use of organic inputs, can contribute to sustainable production. **Objective:** To evaluate the effect of the application of the liquid fermented from native microorganisms (boil NM) and fertilization type (FT), on yield of corn and their components. **Methodology:** The corn var. "Santa Rosa" was established during the spring-summer cycle of 2018 in Xoy, Peto, Yucatan, Mexico. The experimental design consisted of randomized blocks with an arrangement in split plots; the large plot was the FT with three levels: control (CON), diammonium phosphate (DAP) and sheep manure (SM); the small plot was spraying of boil NM at two levels: 0 mL L<sup>-1</sup> and 100 mL L<sup>-1</sup>. The dependent variables were: grain yield, number of cobs, kernel specific weight, and final height of the plant. The variables were analyzed with procedure PROC GLM statistical software SAS version 2013. **Results:** All variables were statistically similar (P>0.05), except the kernel specific weight in the treatment of NM spraying. Consequently, the means comparison test was not undertaken. The variable means were: grain yield, 4750 kg ha<sup>-1</sup>; number of cobs 27992 ha<sup>-1</sup>; kernel specific weight, 314.16 mg grano<sup>-1</sup>; and height of the plant, 276.5 cm. The NM spraying increased the kernel weight by 24.5% (P<0.05). **Implications:** Although, the effect of sheep manure on grain yield was similar to that found with chemical fertilizers, it has the advantage that it is available at the farm. In addition, the use of MN increased the weight of kernel. **Conclusions:** The application of either TF or MN and the interactions between these factors resulted in similar responses on the studied variables, except the effect of MN on the specific weight of the grain. It is suggested to continue the evaluation of the application of MN and TF in the management of the milpa system in several crop cycles to evaluate this organic input in a long term.

**Key words:** Yield; sheep manure; native microorganism; agroecological practices.

**RESUMEN**

**Antecedentes:** La reducción de la fertilidad y productividad en el sistema milpa es atendida con el uso de agroquímicos, lo que puede resultar insostenible en el largo plazo. Las prácticas agroecológicas, como el uso de insumos orgánicos locales, pueden contribuir a una producción sostenible. **Objetivo:** Evaluar el efecto de la aplicación de líquidos fermentados (biol) de microorganismos nativos (MN) y el tipo de fertilización (TF), sobre indicadores productivos del maíz. **Metodología:** En Xoy, municipio de Peto Yucatán, se estableció maíz de la variedad Santa Rosa en el ciclo primavera-verano del año 2018. El diseño experimental fue de bloques al azar con arreglo en parcelas divididas; la parcela grande fue el TF a tres niveles [control sin fertilización (CON), fosfato diamónico (DAP) y estiércol de ovino (EO)]; la parcela chica incluyó, la aspersión de MN a dos niveles (0 mL L<sup>-1</sup> y 100 mL L<sup>-1</sup>). Las variables dependientes fueron: rendimiento del grano, número de mazorcas, peso específico del grano y altura final de la planta. Las variables se analizaron mediante el procedimiento PROC GLM del programa estadístico SAS versión 2013. **Resultados:** Las variables en los efectos principales resultaron similares estadísticamente, con excepción del peso específico del grano, para la aspersión de biol de MN; por ello no se

† Submitted February 4 2022 Accepted June 28, 2022. <http://doi.org/10.56369/tsaes.4225>



Copyright © the authors. Work licensed under a CC-BY 4.0 License. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISSN: 1870-0462.

realizaron las comparaciones de medias. Los valores promedio fueron: rendimiento de grano  $4750 \text{ kg ha}^{-1}$ , número de mazorcas  $27992 \text{ ha}^{-1}$ , peso específico del grano  $314.16 \text{ mg grano}^{-1}$ , y altura de la planta  $276.5 \text{ cm}$ . La aspersión de MN incrementó ( $P < 0.05$ ) el peso específico del grano en un  $24.5\%$ . **Implicaciones:** El estiércol de ovino presentó efectos similares al tratamiento químico, lo que manifiesta su potencial para integrarse por su efecto y accesibilidad en el sistema de producción. Además, el uso del biol de MN a  $100 \text{ mL L}^{-1}$  mejoró el peso específico del grano. **Conclusión:** El TF, el biol de MN y las interacciones entre estos factores, no influyeron en las variables de respuestas estudiadas, excepto el biol de MN para el peso específico del grano. Se sugiere continuar la evaluación de la aplicación del biol de MN y TF en el manejo del sistema milpa en más ciclos de cultivo.

**Palabras clave:** Rendimiento; estiércol de ovino; microorganismos nativos; prácticas agroecológicas.

## INTRODUCCIÓN

La producción del maíz es fundamental para la alimentación de la población mexicana. En Yucatán este grano se obtiene principalmente de la milpa, cuyo rendimiento promedio es de  $820 \text{ kg ha}^{-1}$  (SIAP, 2018). En el sistema milpa se asocia el maíz (*Zea mays*), calabaza (*Cucurbita moschata*) y varias especies del género *Fabaceae* (*Vigna unguiculata*, *Phaseolus lunatus*, *Phaseolus vulgaris*, entre otras) y tubérculos como *Ipomoea batatas*, *Manihot esculenta*, *Dioscorea sp.*, entre otras (Moya y Kú, 2001; Terán y Rasmussen, 2009). Este sistema provee carbohidratos, grasas y proteínas de importancia en la dieta (Cuanalo y Uicab-Couoh, 2005).

El tiempo de descanso del suelo y regeneración de la vegetación o barbecho, es característico de este sistema tradicional de producción bajo roza, tumba y quema. Sin embargo, la presión sobre los recursos naturales, ha ocasionado una reducción del tiempo de barbecho (Arias *et al.* 2000; Rodríguez *et al.* 2016). Esto afecta directamente la producción del sistema milpa, ya que la regeneración de la vegetación secundaria, provee de materiales y nutrientes necesarios para recuperar las características físicas y químicas del suelo (Lara, Caso y Aliphath, 2012). La quema de forma continua en el sistema milpa mantiene sin cobertura vegetal y algunos nutrientes se volatilizan o lixivian con mayor facilidad (Mariaca *et al.*, 1995) disminuyendo aún más la productividad del sistema.

Debido a lo anterior, en los últimos años se ha incrementado el uso de fertilizantes y herbicidas químicos en el sistema milpa para resolver dichas problemáticas (Kú, 1992; Pool y Hernández, 1995). Además de que con la aplicación de estos insumos se aumentan los costos de producción (Terán y Rasmussen, 2009; Sosa-Rodríguez y García-Vivas, 2018), a largo plazo influyen negativamente debido a la contaminación del suelo, el manto freático y la bioacumulación de pesticidas en los tejidos del ser humano (Polanco-Rodríguez, 2017).

Tomando en cuenta lo anterior, a nivel global existe cada vez una mayor necesidad de generar prácticas que contribuyan a fortalecer los sistemas agroalimentarios de una manera sostenible

considerando las experiencias de la agricultura tradicional e incorporando principios agroecológicos (Altieri y Nicholls, 2020). Desde el punto de vista del manejo del suelo, las prácticas agroecológicas aportan materia orgánica y nutrientes con mejoras apreciables en la calidad física, química y biológica del suelo en el mediano y largo plazo (Garro, 2017).

En este sentido, los biofertilizantes juegan un papel fundamental al estimular o regular el crecimiento de las plantas (Ruz-Crespo *et al.* 2014). El concepto de microorganismos nativos, se ha utilizado en la agricultura y en la producción orgánica, así como para la restauración biológica de suelos degradados (Higa y Parr, 1994). Su uso constante promueve un equilibrio dinámico en el suelo que permite una mejor nutrición de las plantas (Picado y Añasco, 2005; Castro *et al.* 2015), y contribuyen a las buenas prácticas de manejo del suelo en la agricultura (Higa y Wididanna, 1991).

Por otro lado, en algunos sistemas agrícolas tradicionales, es común la integración de la producción animal (Cruz, 2018), con la cual se genera estiércol y se dispone de un recurso para mantener y/o mejorar la fertilidad del suelo. El estiércol es una fuente accesible de nutrientes en la agricultura de baja escala y su aplicación regular permite mejorar las características físicas y químicas del suelo (Román *et al.*, 2013). Al respecto la utilización de estiércol ovino incrementó el rendimiento de maíz en un suelo Leptosol con niveles bajos de fósforo en el norte de Yucatán, México (Parsons, 2008). No obstante, es escaso el conocimiento sobre la utilización combinada del biol de microorganismos nativos (MN) y la utilización de estiércoles, en particular bajo condiciones del sistema milpa. Por ello, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto combinado de la MN con la aplicación de dos tipos de fertilización (TF), sobre indicadores productivos del cultivo de maíz bajo el sistema milpa.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de investigación y condiciones ambientales

El experimento fue realizado en condiciones de temporal o secano, durante el ciclo agrícola primavera-verano de 2018 (PV-2018), en la parcela

de un productor colaborador, ubicada en las coordenadas 20° 11' 27.98'' N, 88° 96' 10.94'' W, en la localidad de Xoy, municipio de Peto, Yucatán, México. El suelo del sitio experimental corresponde a un Luvisol, la altitud es de 35 msnm y humedad media anual de 85.5% (INEGI, 2009). El suelo del sitio recibió el manejo típico del sistema milpa con quema anual. La precipitación acumulada mensual durante el periodo de crecimiento del cultivo fue de 110 mm en el mes de junio después de la siembra del maíz, 112 mm en el mes de julio, durante las etapas fenológicas (VN a V16) del cultivo, 91 mm en el mes de agosto desde la etapa de floración hasta el llenado del grano (VT a R6), y 141 mm en el mes de septiembre durante la madurez del grano, con una precipitación acumulada total durante el ciclo de cultivo de 454 mm. Las temperaturas registradas en el sitio durante el estudio fueron: mínima de 23°C y máxima de 34 °C (Accuweather, 2019).

### Diseño experimental

Se establecieron unidades experimentales de 20 m<sup>2</sup> (5x4 m), el área útil de la parcela constó de 6 m<sup>2</sup> (3x2 m). El diseño experimental fue de bloques completos al azar, con arreglo en parcelas divididas, para un total de seis tratamientos (Tabla 1) y cuatro repeticiones de cada uno. En la parcela grande se distribuyó el tipo de fertilización a tres niveles: control, sin fertilización (SF), fertilización con fosfato diamónico (DAP) y fertilización con estiércol de ovino (EO); mientras que la parcela chica incluyó dos niveles de biol de MN (0 mL L<sup>-1</sup> y 100 mL L<sup>-1</sup>).

**Tabla 1. Descripción de los tratamientos a partir de la combinación de los factores tipo de fertilización y microorganismos nativos aplicados en maíz, en Xoy, Peto, Yucatán.**

No. Tratamiento	TF	MN (mL L <sup>-1</sup> )	Abreviación tratamiento
1	Control	0	Control 0
2	Control	100	Control 100
3	DAP	0	DAP 0
4	DAP	100	DAP 100
5	EO	0	EO 0
6	EO	100	EO 100

TF= tipo de fertilización, Control= sin enmienda, DAP=fosfato diamónico, EO= Estiércol de ovino, MN= Microorganismos nativos

### Plan de manejo del cultivo

La cama de la siembra fue preparada mediante el chapeo y quema de la vegetación. La siembra fue realizada de forma manual con una macana o palo sembrador, provisto de un metal puntiagudo. El

arreglo topológico fue de 1.0 m entre hileras y 0.5 m entre plantas, en cada cepa fueron depositadas dos semillas de maíz de la variedad Santa Rosa. Fue aplicada una enmienda nutricional a los 12 días después de la siembra de acuerdo a los tratamientos experimentales definidos. Se aplicaron 4 t ha<sup>-1</sup> de estiércol ovino seco y descompuesto, depositando la cantidad correspondiente alrededor de cada cepa de manera superficial a una distancia aproximada de 8 cm. Se aplicó manualmente 100 kg ha<sup>-1</sup> del fertilizante inorgánico fosfato diamónico (DAP), equivalente a 18 kg N y 46 kg de fósforo en las unidades experimentales en el tratamiento correspondiente. Se realizaron tres aplicaciones foliares de 100 mL L<sup>-1</sup> (biol/agua) de líquidos fermentados de microorganismos nativos de montaña (biol de MN), en la segunda, tercera y cuarta semana después de la siembra (19, 26 y 33 días después de la siembra). Los MN utilizados fueron elaborados previamente mediante un proceso artesanal, para ello fue colectada hojarasca debajo de un monte crecido en un área cercana al sitio experimental, después fue realizada la multiplicación en sólido y la activación en líquido (InfoAgro, 2015). Para la fase sólida se procedió a realizar la mezcla siguiente: 2.5 kg de hojarasca, 2.5 de salvado, un kg de melaza y agua hasta alcanzar una humedad aproximada de 70 %; este material fue sometido a un proceso de fermentación en condiciones anaeróbicas por un periodo de 30 días. Después de la fermentación fue iniciada la fase de activación, para ello se colocó el material fermentado en una tela, para luego depositarlo en un recipiente, se agregó melaza diluida en agua hasta que se cubrió por completo el material contenido en la tela. El concentrado resultante del proceso de activación líquida fue diluido a una concentración de 100 mL L<sup>-1</sup> para su aplicación en el cultivo. Durante el ciclo de cultivo se realizaron tres controles manuales de arvenses en la etapa crítica del cultivo desde VE hasta V9.

### Variables de respuesta

En el área útil de la parcela se registraron las variables del maíz siguientes: altura de la planta, número de mazorcas, rendimiento de grano y peso específico del grano. La altura de la planta fue medida desde la superficie del suelo hasta la base de la panícula de la espiga abierta. El rendimiento de grano de maíz y los componentes de rendimiento se estimaron a partir de las mazorcas cosechadas en campo; para ello se utilizó el índice de desgrane; el contenido de humedad del grano fue ajustado al 14% y transformado a rendimiento por hectárea; el peso específico se obtuvo de una submuestra de 200 granos (CIMMYT, 2012).

### Análisis estadístico

Fue aplicado un análisis de varianza de acuerdo al diseño experimental de bloques al azar con arreglo de parcelas divididas, en donde la parcela grande fue el tipo de fertilizante usado en tres niveles (CON, DAP y EO); y la parcela chica el uso del biol de MN en dos niveles (0 mL L<sup>-1</sup> y 100 mL L<sup>-1</sup> de agua). El análisis estadístico se llevó a cabo con el procedimiento PROC GLM del programa estadístico de SAS versión 2013 (Statistical Analysis Systems, 2013).

### RESULTADOS

El análisis de varianza indicó ausencia de significancia en todas las variables entre los TF evaluados (Tabla 2). En la fuente de variación biol de MN, tampoco se presentó significancia, excepto para la variable peso específico del grano (Tabla 2). La

interacción entre el tipo de fertilización vs la aplicación de MN no influyó ( $P>0.05$ ) en las variables de rendimiento y crecimiento en el cultivo de maíz.

### Efecto del tipo de fertilización

El tipo de fertilización aplicado al suelo presentó efectos no significativos ( $P>0.05$ ) para todas las variables de respuesta evaluadas en el cultivo de maíz (Tabla 3).

### Efecto de la aplicación del biol de MN

La aplicación del biol de MN a 100 mL L<sup>-1</sup> incrementó ( $P<0.05$ ) el peso específico de grano en un 24.2%, en el resto de variables no se observaron diferencias significativas (Tabla 4).

**Tabla 2. Análisis de varianza del tipo de fertilización, líquidos fermentados de microorganismos nativos (biol de MN) e interacciones (TF\*MN) para las variables evaluadas en maíz, en Xoy, Peto, Yucatán, Méico**

Variable	Efectos		
	Tipo de fertilizante	Biol de MN	TF*MN
No. Mazorcas ha <sup>-1</sup>	NS	NS	NS
Rendimiento grano maíz (kg ha <sup>-1</sup> )	NS	NS	NS
Peso específico del grano (mg)	NS	*	NS
Altura de la planta (cm)	NS	NS	NS

\*=( $p\leq 0.05$ ); NS=No significativo; MN=Microorganismos nativos; TF\*MN= Interacción tipo de fertilización por Microorganismos nativos;

**Tabla 3. Efecto del tipo de fertilizante en las variables de respuestas evaluadas en el cultivo de maíz de temporal en el ciclo PV 2018 en Xoy, Peto, Yucatán, México.**

Variable	Tipo de abono			DMS	Significancia
	CONTROL	DAP	EO		
Rendimiento (kg ha <sup>-1</sup> )	4263	4667	5319	1512.7	NS
Número mazorcas ha <sup>-1</sup>	27297	26047	30631	7835.9	NS
Peso específico grano (mg <sup>-1</sup> )	315	312	315	23.64	NS
Altura planta (cm)	274	267	288	34.54	NS

DAP= Fosfato diamónico, EO=Estiércol de ovino; DMS=Diferencia mínima significativa; NS=No significativo

**Tabla 4. Efecto de la aplicación del biol de microorganismos nativos en las variables de respuesta del cultivo de maíz a temporal, ciclo PV-2018 en Xoy, Peto, Yucatán, México.**

Variable	Nivel de Biol de MN		DMS	Significancia
	0	100		
Rendimiento de grano (kg ha <sup>-1</sup> )	4768	4731	960.3	NS
Número mazorcas ha <sup>-1</sup>	28478	27506	4238	NS
Peso específico grano (mg <sup>-1</sup> )	307	321.25	12.27	*
Altura planta (cm)	273	280	14.43	NS

MN=Microorganismos nativos; DMS, diferencia mínima significativa;  $\alpha=0.05$ ; trat 2; gl 9; NS= No significativo.

## DISCUSIÓN

El rendimiento de grano de maíz de 4750 kg ha<sup>-1</sup> es sobresaliente respecto a la media registrada en la zona sur de Yucatán de 820 kg ha<sup>-1</sup> correspondiente al ciclo evaluado (SIAP, 2018). Parsons (2008), señaló que obtuvo un mayor número de mazorcas al aplicar 4 t ha<sup>-1</sup> de estiércol ovino en un Leptosol del Norte del Yucatán, cuya condición presentaba una merma sustancial del contenido de fósforo. Si bien el Luvisol utilizado para el experimento aquí reportado presenta mediana fertilidad química, en adición, este suelo posee una mayor profundidad que el Leptosol, lo cual le permite acumular en proporción una mayor disponibilidad de nutrientes necesarios para la expresión de un mayor rendimiento, al parecer prescindiendo del abono exógeno aplicado a partir del estiércol ovino o del fosfato diamónico; o la combinación de estas enmiendas con el biol de MN.

El éxito de cualquier enmienda nutricional y de los microorganismos nativos es dependiente de varios factores, entre estos las propiedades del suelo, tipo de suelo, vegetación del cual proceden el inóculo de los microorganismos usados, las concentraciones o dosis del producto final utilizado, entre otros. Esto explica los resultados contradictorios en la literatura (Gia, 2011; López et al., 2001; Quintanilla et al., 2013).

Al respecto, se registró un incremento del rendimiento de maíz al aplicar diferentes enmiendas para el manejo ecológico del suelo, entre estos el humus de lombriz, biol de estiércol, composta y bocashi, lo cual se debió a que estos materiales mejoran la nutrición del cultivo (Gia, 2011). En contraste, y en correspondencia con los resultados obtenidos en el trabajo aquí reportado, se indican nula respuesta al aplicar la fertilización química (6.05 t ha<sup>-1</sup>), composta (5.6 t ha<sup>-1</sup>), gallinaza (4.6 t ha<sup>-1</sup>), y bovinaza (4.3 t ha<sup>-1</sup>); también al aplicar abono tipo bocashi en contraste con la fertilización química (López et al., 2001; Quintanilla et al., 2013).

El hecho de alcanzar el mismo nivel de rendimiento entre los tratamientos, en particular con el estiércol ovino, representa ventajas. Una, es eliminar la necesidad de sufragar el costo de ese insumo, pues es posible encontrarlo en las unidades domésticas del sistema milpa de Yucatán (Cruz, 2018). Otra es que, desde el punto de vista ambiental, este insumo es más estable y con menos potencial de contaminación, lo que permite el reciclaje entre el huerto familiar y la milpa. Es importante tener en cuenta que aunque el tratamiento control sin fertilización, logró el mismo rendimiento que los tratamientos con las enmiendas, es previsible que en el mediano plazo disminuya éste, debido al proceso extractivo de los nutrientes por las cosechas.

Al utilizar el Biol de MN se destaca el hecho de mantenerse igual el rendimiento del grano de maíz y sus componentes respecto al control, excepto el peso específico del grano. Los resultados del presente estudio difieren de lo encontrado por Chamba (2012), quien indicó un incremento de rendimiento de hasta 45%, al aplicar por separado 60 l ha<sup>-1</sup> de té de estiércol y 11.25 L ha<sup>-1</sup> de caldo microbial, y destacó que el N, P, K, Mg, aminoácidos y vitaminas, en los preparados aplicados, contribuyeron al desarrollo radicular, crecimiento de hojas, tallos y engrosamiento de la planta.

Sin embargo, en la literatura se sugiere una contribución en la restauración biológica del suelo con la utilización del Biol de MN (Higa y Parr, 1994) y en mejoras en la conservación del mismo por la aplicación de estos bioinsumos (Higa y Wididanna, 1991). A final, el Biol de MN, representa un complemento que puede mejorar de modo paulatino el suelo en la agricultura.

El incremento del peso específico del grano con la aplicación de 100 mL L<sup>-1</sup> del Biol de MN es una característica importante, ya que los granos de mayor peso contienen mayor proporción de endospermo (Sánchez et al., 2004), a pesar de haber mantenido el rendimiento similar al control, cuya utilidad fisiológica radica en el hecho de permitir en el proceso germinativo plántulas con mayor vigor. Resultados similares fueron indicados por Acosta et al. (2013), quienes al aplicar Biol de MN observaron un aumento del peso de los granos comparados con el testigo. Así, el Biol de MN, permite mejorar las prácticas del manejo del suelo en la agricultura (Higa y Wididanna, 1991) y además al aplicarse de manera foliar repercute en una mayor calidad de grano.

Por último, si bien la variable de altura de la planta se mantuvo similar entre la aspersion de 0 y 100 mL L<sup>-1</sup> del Biol de MN, los resultados coinciden con Fortis, et al. (2009), quienes señalan que al aplicar los abonos orgánicos y testigo químico, tuvieron el mismo comportamiento para esta variable.

## CONCLUSIONES

La aplicación del fertilizante químico o estiércol de ovino en combinación con la aplicación foliar de Biol de MN en el cultivo de maíz en un suelo Luvisol del sur de Yucatán, México, en un primer ciclo de cultivo, permitió un rendimiento medio de 4750 kg ha<sup>-1</sup> de grano de maíz, valor promisorio para las condiciones del sistema, con mejoras significativas en el peso específico del grano en tratamiento con MN. No obstante, se requiere continuar el manejo del suelo con el estiércol y biol de MN, ya que estos insumos

demuestran un potencial para generar rendimientos similares a los obtenidos con el fertilizante químico.

### Agradecimientos

Los autores agradecen al Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, por el apoyo financiero que permitió llevar a cabo la presente investigación a través del convenio: "Investigación y validación de innovaciones sustentables para el sistema milpa, mediante la implementación de dos plataformas de investigación en los municipios de Peto y Yaxcabá, Yucatán" (TTF-YUC-2019-001).

Asimismo, los autores agradecen los valiosos aportes de los revisores anónimos que contribuyeron al mejoramiento sustancial de este trabajo

**Funding.** The authors received funds from the International Maize and Wheat Improvement Center Project TTF-YUC-2018-001: "Investigación y validación de innovaciones sustentables para el sistema milpa, mediante la implementación de dos plataformas de investigación en los municipios de Peto y Yaxcabá".

**Conflict interest.** The authors have declared absence competing interests exist.

**Compliance with ethical standards.** Do not applies.

**Data availability.** The data is available with José Bernardino Castillo Caamal, [jose.castillo@correo.uady.mx](mailto:jose.castillo@correo.uady.mx), upon reasonable request

**Author contribution (CRediT):** **J.B. Castillo-Caamal**, Conceptualization, supervision; data curation, investigation, Writing- review & editing; **J.A. Cough-Moo**, investigation, writing - original draft., writing - review & editing; **B.A. Balam.Cocom**, investigation, writing - review & editing. **A.J. Caamal-Maldonado** – Writing – review & editing.

## REFERENCIAS

Accuweather, 2019. México el tiempo (en línea). <https://www.accuweather.com/es/mx/peto/236531/september-weather/236531?monyr=9/1/2018&view=table/>

Acosta, J. Hurtado, A. Arango, O. Álvarez, D. Salazar, C., 2013. Efectos de abonos orgánicos a partir de subproductos del fique en la producción del maíz. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 11(1), pp. 94-102.

<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a12.pdf>

Altieri, M.A. and Nicholls, C.I., 2020. Agroecology and the reconstruction of a post- COVID-19 agriculture. *Agroecology and the reconstruction of a post-COVID-19 agriculture, The Journal of Peasant Studies*, 47(5), pp. 881-898. <https://doi.org/10.1080/03066150.2020.1782891>.

Arias, R.L.M., Moreno, L.L. and Cob Uicab, J., 2000. La milpa Maya tradicional: Un sistema agroforestal. In: Durán, R. y Méndez, M., eds. *Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán*. CICYPPDFMAM, CONABIO, SEDUMA, 496 pp. <https://www.cicy.mx/documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap2/16%20La%20milpa%20maya%20tradicional.pdf>

Castro, L.B., 2014. Cómo hacer microorganismos de montaña (MN): receta para productores. Laboratorio de Microbiología agrícola, CIA-UCR. <https://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Brochure-MicroCIA-VF-2017web.pdf>.

Castro, L.B. Murillo, R.M., Uribe, L.L. and Mata, Ch.R., 2015. Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y Microorganismos de montaña (MM) y su efecto sobre un sistema de rotación Soya-Tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39 (3), pp. 21-36. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242015000300021&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242015000300021&lng=en&tlng=es)

Chamba, T.F.K., 2012. Efecto de la fertilización orgánica en el rendimiento del maíz criollo Manabí (*Zea mays*), en el centro binacional de formación técnica Zapotepamba. Tesis de ingeniería, Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador, 129 pp. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/5489/>

Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT)., 2012. Manual de determinación de rendimiento. México, DF. 36 pp. <http://hdl.handle.net/10883/18249/>

Cuanalo, H.E, and Uicab-Cough, R.A., 2005. Investigación participativa en la milpa sin quema. *Terra Latinoamericana*, 23(4), pp. 587-597.

- Cruz, L.B., 2018. Análisis y valoración de las prácticas agropecuarias del solar en la comunidad de Kancabdzonot Yaxcabá, Yucatán. Tesis de licenciatura. Facultad de Economía-Universidad Autónoma de Yucatán. Mérida, México. pp. 142.
- Cruz-Crespo, E., Can-Chulim, A., Bugarín-Montoya, R., Pineda-Pineda, J., Flores-Canales, R., and Juárez-López, P., 2014. Concentración nutricional foliar y crecimiento de chile serrano en función de la solución nutritiva y el sustrato. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 7(3), pp. 289 – 295.
- Fortis-Hernández, M., Leos-Rodríguez, J.A., Preciado-Rangel, P., Oroana-Castillo, I., García-Salazar, J.A., García-Hernández, J.L. and Orozco-Vidal, J.A., 2009. Aplicación de abonos orgánicos en la producción de maíz forrajero con riego por goteo. *Terra Latinoamericana*, 27(4), pp. 329-336. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57313040007>
- Garro, J., 2017. El suelo y los abonos orgánicos; Acciones climáticas en el sector agropecuario. Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología agropecuaria. San José, Costa Rica. 106 pp. <https://isbn.cloud/pt/9789968586269/el-suelo-y-los-abonos-organicos/>
- Gia, A., 2011. Efectos de la fertilización orgánica en el cultivo del maíz zea mays l. tesis de pregrado, UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias. Machala, Ecuador. <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/491/>
- Higa, T. and Parr, J.F., 1994. Beneficial and effective Microorganisms for a Sustainable Agriculture and nvironment. International Nature Farming Research Center. Atami, Japan. 16 pp. [www.dzumervis.nic.in/pdf/em.pdf/](http://www.dzumervis.nic.in/pdf/em.pdf/)
- Higa, T. and Wididanna, G., 1991, The concept and theories off de effective microorganisms. In: Parr, J.F., Hornick, J. Whitman, C., eds. Proceedings of the firts international conference on kyusei nature farming. Department of the agriculture, Washington, D.C, USA, pp. 118-124. [https://www.infrce.or.jp/knf/1st\\_Conf\\_S\\_5\\_1.html](https://www.infrce.or.jp/knf/1st_Conf_S_5_1.html) <https://www.bing.com/search?q=Higa%2C+T.+and+Wididanna%2C+G.+1991%2C+The+concept+and+theories+off+de+effective+microorganisms.+In%3A+Parr%2C+J.F.+Hornick%2C+J.+Whitman%2C+C.+Eds.+Proceedings+of+the+firts+international+conference+on+kyusei+nature+farming.+Department+of+the+agriculture%2C+Washington%2C+D.C%2C+USA%2C+pp118-124.&cvid=ae4a5b9264c94e2abdef28f910ed411d&aqs=edge..69i57.4218j0j1&pqlt=299&FORM=ANNTA1&PC=U531>
- INEGI., 2009. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos: Peto, Yucatan. 7 pp.
- InfoAgro., 2015. Reproducción y aplicación de los microorganismos de montaña (MM) en la actividad agrícola y pecuaria. Ministerio de Agricultura y Ganadería (Región Central Oriental). Imprensa Nacional. Costa Rica. [http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1847.pdf/\[Accessed 23 enero 2019\]](http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1847.pdf/[Accessed%2023%20enero%202019])
- Kú, N.R., 1992. La Milpa Yucateca y sus Innovaciones Técnicas, In: Zizumbo, V. D. Rasmussen, Ch. H. Arias, L. M. y Terán, S., eds. In: La Modernización de la Milpa en Yucatán: utopía ó realidad, eds. Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán-DANIDA Dinamarca. Mérida, Yucatán. pp 267-277
- Lara-Ponce, E. Caso-Barrera, and L. Aliphath-Fernández, M., 2012. El sistema milpa roza, tumba y quema de los mayas Itza de San Andrés y San José, Penten, Guatemala. *Ra. Xhimhai*, 8 (2), pp. 71-92. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46123333007>
- López-Mtz, J., Díaz, E.A., Martínez, R.E., and Valdez, C.R.D, 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *Terra Latinoamericana*, 19(4), pp. 293-299.
- Mariaca, R. Hernández, E. Casillo, A. and Moguel, E., 1995. Análisis estadístico de una milpa experimental de ocho años de cultivo continuo bajo roza-tumba-quema en Yucatán, México, In: Hernández, E. Bello, B. y Levy, Tacher, eds. La milpa en Yucatán, un sistema de producción agrícola tradicional. Estado de México, Colegio de postgraduados. Pp. 339-368.
- Mauricio-Sánchez, R. Figueroa-Cárdenas, J. Taba, S. Reyes-Vega, M. Rincón-Sánchez, F. and Mendoza-Galván, A., 2004. Caracterización de Acciones de Maíz Por Calidad de Grano Y

- Tortilla. *Revista Fitotecnía Mexicana*, 27(3), pp. 213–22
- Moya, X., and Kú, B., 2001. La milpa (kool) de los mayas yucatecos: cambiando para permanecer. *LEISA (revista de agroecología)*, 16(3), pp. 17-19. <https://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen-16-numero-3/2350-la-milpa-kool-de-los-mayas-yucatecos-cambiando-para-permanecer/>
- Parsons, D., 2008, Dynamics of smallholder crop-livestock systems in Yucatan, Mexico. Tesis doctorado, Cornell University. 177 pp. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.33899.75048>
- Picado, J. Añasco, A., 2005. Preparación y uso de abonos orgánicos sólidos y líquidos. Serie agricultura orgánica N° 8. San José, Costa Rica. 65 pp.
- Polanco-Rodríguez, A.G., 2017. Contaminación del Agua y bioacumulación en el ser humano de plaguicidas organoclorados en el estado de Yucatán. *Revista de la Universidad Marista de Mérida, México*, 1(1), pp. 1-8. <https://issuu.com/rodrigoarnaiz/docs/bioma>.
- Pool, N.L. and Hernández, X.E., 1995. Los contenidos de materia orgánica de los suelos en áreas bajo el sistema de roza-tumba-quema: Importancia del muestreo, In Hernández, X. Bello, B. E. y Levy, T. S., eds. LA MILPA EN YUCATÁN (Un sistema de producción agrícola tradicional. Estado de México. Colegio de Postgraduados. pp.109-124.
- Quintanilla, M.F.N., Yanes V.C.C., and C. Monge, C.C.B, 2013. Incidencia del Bocashi, Gallinaza y su combinación con fertilizantes químicos en la mejora de la fertilidad del suelo y en los rendimientos de maíz (*Zea mays* L.), San Juan Opico, La Libertad. Trabajo de Grado, Ingeniero Agrónomo, Universidad de El Salvador, Facultad Ciencias Agronómicas. 123 p. [https://ri.ues.edu.sv/4670/1/13101476.pdf/\[Accessed](https://ri.ues.edu.sv/4670/1/13101476.pdf/[Accessed)
- Rodríguez, C.A., González, M.P., Flores, T.J., Nava, M.R., Dzib, A.L.A., Pérez, P.J., Thüerbeck, N. and González, I.J.A., 2016. Milpas de las comunidades mayas y dinámica de uso del suelo en la Península de Yucatán. USAID, M-REED+, The Nature Conservancy, Rainforest Alliance, Woods Hole Research Center, Espacios Naturales y Desarrollo Sustentable AC. Centro Regional Universitario Península de Yucatán de la Universidad Autónoma Chapingo. Mérida, Yucatán. 436 pp.
- Román, P., Martínez, M. and Pantoja, A., 2013. Manual de compostaje del agricultor; Experiencias en América latina. FAO. Santiago de Chile. 112 pp. <https://www.fao.org/3/i3388s/i3388s.pdf>
- SAS Institute Inc., 2013. Statistical Analysis Software SAS/STAT. Version 9.1.3, Cary, N.C.: USA. SAS. Institute Ic.
- SIAP, (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera), 2018. Anuario estadístico de la producción agrícola. (Sin pág.), <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>
- Sosa-Rodríguez, B. and García-Vivas, Y., 2018. Eficiencia de uso del nitrógeno en maíz fertilizado de forma orgánica y mineral. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), pp. 207-219. <https://doi.org/10.15517/ma.v29i1.27127>
- Terán, S. and Rasmussen, C., 2009. Enfoque y método, In Terán, S. Rasmussen, C., eds. La milpa de los mayas: La agricultura de los mayas prehispánicos y actuales en el noreste de Yucatán, Mérida, Yucatán, México, Universidad Nacional Autónoma de México. pp. 41-55.