

Efecto de tres consorcios microbianos en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.) en Villaflores, Chiapas, México

Effect of three microbial consortia in corn (*Zea mays* L.) in Villaflores, Chiapas

Macías-Coutiño, Paulina; Guevara-Hernández, Francisco; Ruíz-Valdiviezo, Víctor Manuel; Reyes-Sosa, Mariela B; La O-Arias, Manuel A; Pinto-Ruiz, René; Editor académico Jorge Luis Róstran Molina



Paulina Macías-Coutiño

mcscou@gmail.com

Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH-FCA), México

Francisco Guevara-Hernández

francisco.guevara@unach.mx

Universidad Autónoma de Chiapas UNACH-FCA, México

Víctor Manuel Ruíz-Valdiviezo

bioqvic@hotmail.com

Tecnológico Nacional de México, México

Mariela B Reyes-Sosa

mares084@gmail.com

Universidad Autónoma de Chiapas. UNACH-FCA, México

Manuel A La O-Arias

pinto_ruiz@yahoo.com.mx

Universidad Autónoma de Chiapas. UNACH-FCA, México

René Pinto-Ruiz

pacholaoarias@gmail.com

Universidad Autónoma de Chiapas. UNACH-FCA, México

Editor académico Jorge Luis Róstran Molina

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, León, Nicaragua

ISSN-e: 2410-7980

Periodicidad: Semestral

vol. 7, núm. 13, 2021

czuniga@ev.unanleon.edu.ni

Recepción: 15 Febrero 2021

Aprobación: 05 Mayo 2021

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/394/3941760009/index.html>

Resumen: La presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar el efecto de los microorganismos de montaña (MM) sobre variables de crecimiento y producción de biomasa del agroecosistema maíz bajo un manejo agroecológico en Villaflores, Chiapas, México. Los consorcios microbianos se elaboraron mediante la técnica de reproducción y activación de MM y se obtuvieron tres tratamientos diferenciados por material de origen: MM₁ (Área de Protección de Recursos Naturales “La Frailescana”), MM₂ (Reserva de la Biosfera “La Sepultura”), MM₃ (Cerro Nambiyugú, municipio de Villaflores); y un testigo, equivalente al fertilizante químico (composta + sulfato de amonio). Se utilizó un diseño experimental de cuadro latino 4X4 y la aplicación de los consorcios microbianos se realizó a los 20 y 50 días después de siembra (DDS) con las concentraciones de 50% (Sol. 50% concentrado de MM + 50 % agua) y a los 60 DDS al 75% (Sol. 75% concentrado de MM + 25 % agua). Se observó que, a los 35 DDS y 60 DDS, MM₃ obtuvo efectos significativamente mayores sobre el cultivo que los otros tratamientos, sobre la variable altura de planta. A los 60 DDS MM₂ igualó a MM₃ y al testigo con valores de diámetro de tallo que oscilan entre 1.99 y 2.08 cm. La mayor producción de biomasa seca global se mantuvo en el tratamiento MM₃. El tratamiento MM₃, cuya fuente de inóculo proviene del sitio más cercano a la región del área experimental, obtuvo mayores efectos sobre los indicadores de crecimiento y producción de biomasa.

Palabras clave: Biomasa, Microorganismos de montaña, Maíz.

Abstract: The present research was carried out with the aim of evaluating the effect of mountain microorganisms (MM) on growth variables and biomass production of the corn agroecosystem under agroecological management in Villaflores, Chiapas, Mexico. The microbial consortia were elaborated by the technique of reproduction and activation of MM and three different treatments were obtained: MM₁ (“La Frailescana” Natural Resources Protection Area), MM₂ (“La Sepultura” Biosphere Reserve), MM₃ (Cerro Nambiyugú, Villaflores municipality); and a control equivalent to the chemical fertilizer (compost + ammonium sulfate). A 4X4 latin square experimental design was used and the application of the microbial consortia was carried out at 20 and 50 days after

DOI: <https://doi.org/10.5377/ribcc.v7i13.11424>

Autor de correspondencia: francisco.guevara@unach.mx

sowing (DDS, by its acronym in spanish) with concentrations of 50% (Sol. 50% concentrated MM + 50% water) and at 60 DDS at 75% (Sol. 75 % MM concentrate + 25% water). At 35 DDS and 60 DDS, MM₃ obtained significantly greater effects on the crop than the other treatments, in the case of the plant height variable. At 60 DDS, MM₂ equaled MM₃ and the control with stem diameter values ranging between 1.99 and 2.08 cm. The highest global dry biomass production was maintained in the MM₃ treatment. The MM₃ treatment, whose source of inoculum comes from the site closest to the region of the experimental area, obtained greater effects on the growth indicators and biomass production.

Keywords: Biomass, Mountain microorganisms, Corn.

INTRODUCCIÓN

Históricamente, la región Frailesca, Chiapas, ha sido una de las áreas principales para la producción de maíz del estado y destaca con un rendimiento promedio de 3.45 t ha⁻¹, por encima de la media estatal de 1.62 t ha⁻¹. En el 2020, la Frailesca aportó 36, 528 toneladas de la producción total del estado, de los cuales el municipio de Villaflores aportó el 39% de la producción a nivel regional (SIAP, 2019).

Los rendimientos altos en el estado se deben, en gran parte, al uso de insumos externos, lo que implica y demanda el manejo agronómico convencional, es decir, la intensificación de los agroecosistemas para maximizar los rendimientos por superficie de área cultivada. Estos agroecosistemas dependen del uso de paquetes tecnológicos, como semillas mejoradas y agroquímicos, los cuales representan entre el 15-39% de los costos totales de producción (Guevara-Hernández et al. 2018; Martínez et al. 2020). Por otro lado, en la región Frailesca también existe otro tipo de agroecosistema, cuyo manejo agronómico integra las prácticas tradicionales o agroecológicas, y que depende menos de dichos insumos y aprovechan al máximo los recursos locales.

No obstante, la región Frailesca, en la actualidad, presenta una creciente degradación físico-química y biológica de los suelos, asociada a la pérdida de nutrientes por lixiviación, acidificación, aumento de la toxicidad por la concentración de ciertos elementos químicos y alteraciones en las comunidades microbianas del suelo (Martínez-Aguilar et al. 2020). En este sentido, es importante señalar que la diversidad y estructura de estas comunidades o consorcios microbianos determinan la funcionalidad de los ecosistemas y tienen un papel relevante en los ciclos de nutrientes del suelo (Shao et al. 2019). Ante ello, los microorganismos de montaña (MM) se presentan como una alternativa agroecológica al ser constituidos por consorcios microbianos obtenidos de sistemas edáficos (Umaña, Rodríguez y Rojas, 2017).

Según Campo-Martínez et al. (2014), los MM son considerados la base para la elaboración de bioles o biofermentos –fertilizantes con actividad biológica- compuestos a partir de consorcios microbianos. Se consideran de gran interés en los sistemas agrícolas y pecuarios ya que representan una tecnología de bajo costo para los productores, al ser elaborados con insumos locales, y su uso varía en diferentes sistemas productivos (Melgar et al. 2013). Los grupos funcionales que destacan en la composición de los MM incluyen actinomicetos, bacterias ácido lácticas, bacterias fotosintéticas, micorrizas y levaduras (Castro et al. 2015). De acuerdo con otros autores, estos grupos microbianos tienen el potencial para incrementar la materia orgánica,

NOTAS DE AUTOR

francisco.guevara@unach.mx

regular el pH de los suelos (Campos-Martínez et al. 2014), facilitar la absorción de nutrientes por las plantas, proteger ante la acción de patógenos, inducir la resistencia al estrés, solubilizar nutrientes poco disponibles como el fósforo, fijar nitrógeno, y mejorar la estructura del suelo (Kibblewhite et al., 2015).

Acosta (2011) demostró el potencial de los MM a través de aplicaciones foliares en tomate y concluyó que al usar cepas nativas de una localización geográfica cercana a la zona de cultivo se obtienen mejores resultados. Sin embargo, aún se desconocen muchos efectos potenciales o beneficios que estos consorcios microbianos podrían tener en el cultivo de maíz. Por ello, el objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de los microorganismos de montaña sobre variables de crecimiento y producción de biomasa del agroecosistema maíz bajo un manejo agroecológico en Villaflores, Chiapas, México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la ranchería San Joseíto Alcaparrosa ubicado en el municipio de Villaflores, Chiapas; localizado a los 16°21'16.8" latitud Norte y 93°22'03.2" latitud Oeste, a 630 msnm. El experimento se realizó en los meses de junio a noviembre de 2020 (Figura 1).

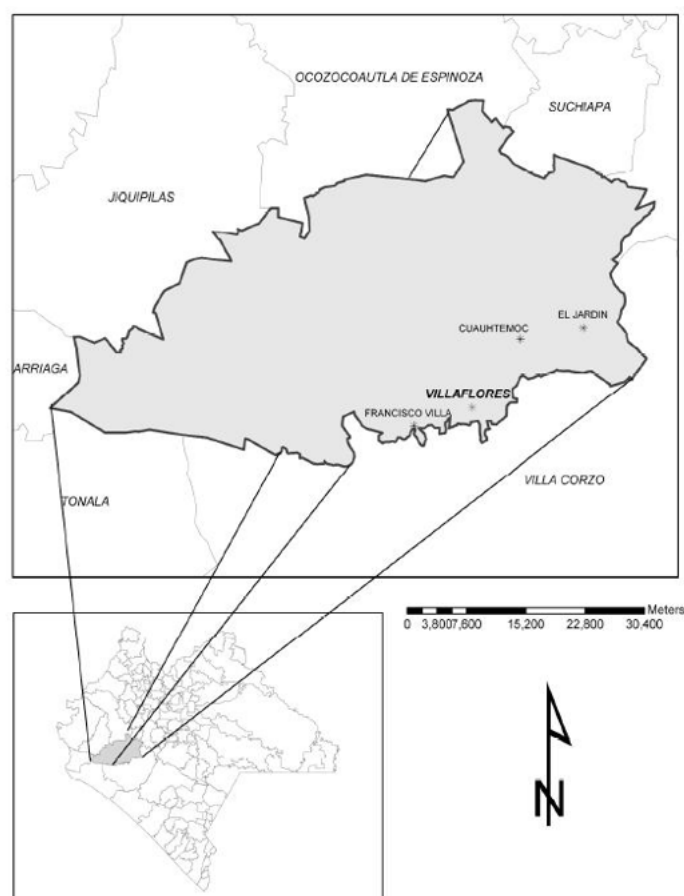


FIGURA 1.
Localización del área de estudio en el municipio de Villaflores, Chiapas.
LAIGE-ECOSUR (2006).

Preparación de los microorganismos de montaña

En abril de 2020 se hicieron recorridos para identificar sitios de muestreo en tres zonas de baja perturbación antropogénica: 1) la Reserva de la Biosfera “La Sepultura” (REBISE) (16°14’30.2” latitud Norte y 93°36’56.2” latitud Oeste); 2) el Área de Protección de Recursos Naturales (APRN) “La Frailescana” (16°08’15” latitud Norte y 93° 28’ 45.7” Oeste); y 3) el Cerro Nambiyugúá (16°16’34” latitud Norte y 93°17’06.1” latitud Oeste). En cada zona se hizo un muestreo por el método de cinco de oros (Castellanos et al., 2010) donde se colectó una mezcla compuesta de hojarasca en descomposición y suelo de la capa superficial (0-10 cm). Con base en la técnica de Suchini Ramírez (2012) se elaboraron tres biofertilizantes de MM, uno por sitio de procedencia. De esta manera se obtuvieron los tratamientos para el diseño experimental, compuesto por los consorcios microbianos obtenidos de cada biofertilizante: MM₁ (La Frailescana), MM₂ (REBISE), MM₃ (Nambiyugúá) y el Testigo. Este último se consideró como el manejo agroecológico que acostumbra a realizar el productor en la región.

Diseño experimental

Para el ensayo en maíz se utilizó un diseño experimental de cuadro latino (4x4) con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones (tabla 1) El área total del experimento fue de 1,225 m², y una superficie por bloque de 175 m². Las unidades experimentales fueron de 6 surcos con 5 m de longitud y 0.8 m entre surco y surco, para un total de 25 m². De los seis surcos de cada unidad experimental se tomaron los cuatro centrales como parcela útil, y considerar el efecto de borde.

TABLA 1
Tratamientos

Tratamientos	Simbología
T ₁ : MM procedente de La Frailescana	MM ₁
T ₂ : MM procedente de la REBISE	MM ₂
T ₃ : MM procedente del cerro Nambiyugua	MM ₃
Testigo: composta + sulfato de amonio	T

El manejo agronómico consistió previamente, limpiar el terreno con coa y sembrar de forma manual la variedad de maíz Pioneer® P4082W a finales del mes de junio de 2020. El control de malezas se efectuó con el uso de una coa, sin aplicar herbicidas. Para el control de plagas se aplicó una mezcla de cal con ajo cuando se presentó incidencia de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith) en un 20% del cultivo.

La aplicación de los consorcios microbianos se realizó a los 20 y 50 días después de siembra (DDS) con las concentraciones de 50% (Sol. 50% concentrado de MM + 50 % agua) y a los 60 DDS al 75% (Sol. 75% concentrado de MM + 25% agua). El testigo consistió en aplicar una mezcla de composta con sulfato de amonio, es decir, el manejo que acostumbra el productor agroecológico de la región.

Variables evaluadas

En las diferentes etapas de crecimiento del maíz, se tomaron 10 plantas al azar en cada unidad experimental, a las cuales se les midió altura de planta desde el nivel del suelo hasta la base de la hoja bandera, con el uso de cinta métrica. También se midió el diámetro de tallo (cm) con la ayuda de un vernier, en la parte media del tallo; y, finalmente, el área foliar (cm²) que se obtuvo al multiplicar la longitud y el ancho central de la hoja. La medición de estas variables se realizó desde los 15 a los 60 DDS con un intervalo aproximado de 20 días entre mediciones.

La estimación de biomasa fresca se realizó a los 90 DDS mediante un muestreo destructivo y cuando el grano se encontraba en estado masoso-lechoso. Las plantas se extrajeron con todo y raíz y desde el nivel del suelo se midió altura a la mazorca (cm), altura total (cm) y número total de hojas. Para la estimación de la biomasa fresca se separaron las hojas, el tallo, la raíz y la mazorca; y se procedió a medir el peso en gramos con una balanza semianalítica A&D Weighing® GX-200[^]. Las muestras obtenidas se llevaron al laboratorio de Nutrición Animal de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UNACH, Campus V, y se metieron en una estufa de aire forzado a 64° C hasta llegar a peso constante y entonces estimar la biomasa total.

Análisis estadístico

Para el análisis de datos se realizó un ANOVA y la comparación de medias con la prueba Duncan ($p \leq 0.05$). Los análisis se realizaron con el programa Statistica, versión 10.

RESULTADOS

Crecimiento del cultivo

En la tabla 2, la altura de planta fue estadísticamente superior en el testigo durante la primera medición, correspondiente a los 15 DDS. Sin embargo, a partir de los 35 DDS se observaron diferencias significativas tanto en el testigo como en el consorcio de microorganismos MM₃. Es de destacar que, en la primera medición, sobresale el testigo con un crecimiento prematuro, pero, conforme avanza el desarrollo de la planta, el tratamiento MM₃ obtiene los valores más altos y supera al testigo en la última medición. Se observa que MM₃ es significativamente mayor que los otros tratamientos, incluso que el testigo a los 35 DDS y 60 DDS. A los 90 DDS no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, sin embargo, destacan los valores superiores de los tratamientos MM₂ y MM₂. Se puede explicar este efecto favorable porque ciertos microorganismos promueven el desarrollo radicular y la absorción de nutrientes, por lo tanto, mejoran el crecimiento y desarrollo de la planta (Basaglia et al. 2003). Sin embargo, Ayvar-Serna et al. (2020) reportaron una media de altura de planta de 2.97 m bajo una fertilización química+biológica de la variedad P4082W, por lo que los tratamientos aún se encuentran con valores por debajo de la media recomendable.

TABLA 2
Altura de planta (cm) a partir de los 15 días después de la siembra (DDS)

Tratamiento	15 DDS	35 DDS	60 DDS	90 DDS
MM ₁	12.9 b	26.9 b	57.1 b	214.1 a
MM ₂	11.51 b	26.8 b	58.9 b	224.8 a
MM ₃	11.57 b	32.7 a	72.6 a	229.5 a
T	16.9 a	29.4 ab	67.7 a	220.8 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Duncan, p ≤ 0.05).

En la tabla 3, se observa que el diámetro de tallo en el testigo presentó mayor valor promedio sobre esta variable a los 35 y 60 DDS con diferencias significativas similares al consorcio microbiano MM₃. El diámetro de tallo es una variable importante porque se vincula a la resistencia de la planta al acame durante fuertes vientos (García y Watson, 2003). Además, puede disminuir el grosor cuando hay mayor densidad de plantas por competencia de luz.

A los 60 DDS MM₂ igualó a MM₃ y al testigo con valores que oscilan entre 1.99 y 2.08 cm; estos valores son similares a los resultados encontrados por López et al. (2008), quienes evaluaron el efecto de biofertilizantes con cepas nativas fijadoras de nitrógeno (N₂) y solubilizadoras de fósforo sobre el crecimiento de maíz.

TABLA 3
Diámetro de tallo (cm) a partir de los 15 días después de la siembra (DDS)

Tratamiento	15 DDS	35 DDS	60 DDS
MM ₁	1.11 ab	1.72 b	1.89 b
MM ₂	1.03 b	1.76 b	1.99 ab
MM ₃	1.2 a	1.82 ab	2.03 ab
T	1.07 b	1.95 a	2.08 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Duncan, p ≤ 0.05).

Respecto a la variable área foliar (tabla 4) los resultados obtenidos demuestran que no hubo diferencias significativas en la segunda medición, pero al acercarse a su madurez fisiológica, el consorcio MM₃ obtuvo mayores efectos sobre los indicadores de área foliar. La estructura del dosel del cultivo depende del índice del área foliar (Liu et al., 2011), un buen dosel permite una captura de luz eficiente y una mejor circulación del aire, lo cual influye en la fotosíntesis y en el rendimiento final del grano. El desempeño del cultivo depende de parámetros morfológicos y fisiológicos como el área foliar y el ángulo y orientación de la hoja, por lo que su optimización puede ser un punto clave para incrementar el rendimiento de grano en maíz (Hidalgo-Sánchez et al., 2020).

TABLA 4
Área foliar (cm²) a partir de los 15 días después de la siembra (DDS)

Tratamiento	15 DDS	35 DDS	60 DDS
M ₁	115.08 a	230.44 a	290.55 c
M ₂	89.9 b	238.09 a	386.61 b
M ₃	97.7 ab	246.15 a	417.35 ab
T	95.25 ab	255.02 a	445.86 a

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas (Duncan, $p \leq 0.05$).

En general, se observa que el consorcio de MM₃, tiene efectos positivos sobre el cultivo de maíz durante la etapa de crecimiento. Respecto al diámetro de tallo y el área foliar, el tratamiento MM₁ mostró resultados satisfactorios en la etapa inicial de crecimiento, pero disminuyó su efectividad a lo largo del experimento.

Producción de biomasa

Se obtuvo una mayor producción de biomasa fresca en fruto con los tratamientos MM₁ y MM₃ con una media de 2.001 y 2.14 t ha⁻¹, respectivamente (figura 2). Sin embargo, no se observan diferencias significativas entre los tratamientos.

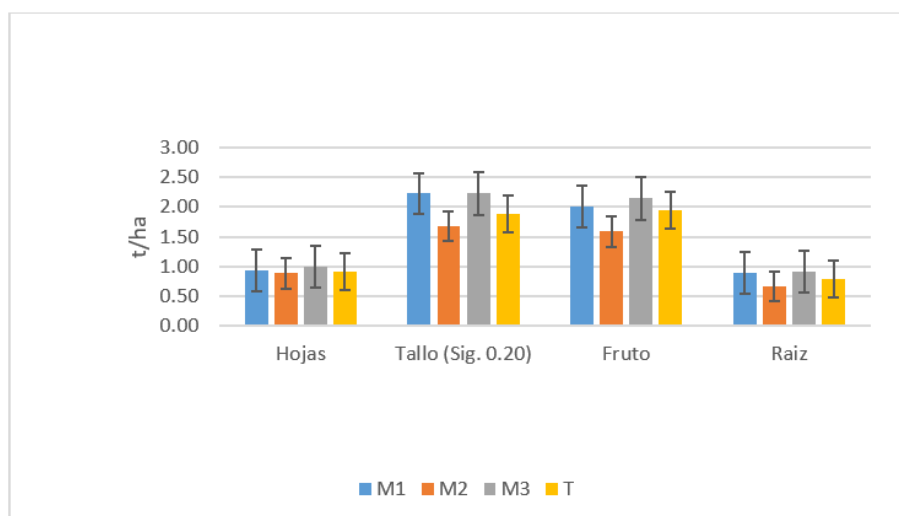


FIGURA 2.
Producción de biomasa fresca en maíz con MM
s.f.

En la figura 3 se observa que no existe diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, la mayor producción de biomasa seca total se mantuvo en el tratamiento MM₃. No obstante con una significancia del 14%, si existe una diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Los resultados obtenidos pueden deberse a lo reportado por Castro et al., (2015), quienes mencionan que los mejores inóculos para elaborar microorganismos de montaña son los procedentes de sitios agroecológicos cercanos al área de cultivo. Esto posiblemente se deba a que las poblaciones microbianas presentes en esos sitios compartan características con las poblaciones presentes en los sitios de cultivo y estén adaptadas a las condiciones, incluyendo la antropogénica.

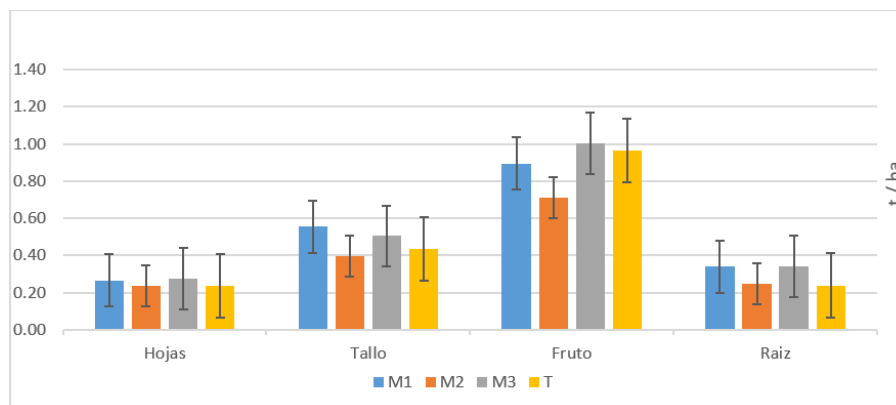


FIGURA 3.
Producción de biomasa seca con MM y con significancia del 14%.
S.f.

Conclusiones

Existe diferencia significativa entre los tratamientos, lo que indica que el consorcio de microorganismos proveniente del Cerro Nambiyugá (MM₃), que es el sitio más cercano a la región del área experimental, obtuvo mayores efectos sobre los indicadores de crecimiento y producción de biomasa en el cultivo de maíz.

LITERATURA CITADA

- Acosta-Almánzar, H. A. (2011). Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Ayvar-Serna, S., Díaz-Nájera, J. F., Vargas-Hernández, M., Mena-Bahena, A., Tejeda-Reyes, M. A. y Cuevas-Apresa, Z. 2020. *Terra Latinoamericana*, 38(1): 9-16. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i1.507>
- Basaglia, M., Casella, S., Peruch, U., Poggiolini, S., Vameralli, T., Mosca, G., Vanderleyden, J., de Troch, P y Nuti, M. P. 2003. Field release of genetically marked *Azospirillum brasilense* in association with *Sorghum bicolor* L. *Plant Soil*, 256: 281-290. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1026198522123>
- Castellanos, J. Z., Uvalle-Bueno, J.X. y Aguilar-Santelises, A. 2000. Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2ª. ed. Instituto de Capacitación para la Productividad Agrícola. Colección INCAPA. Celaya, Guanajuato, México.
- Castro Barquero, L., Murillo Roos, M., Uribe Lorío, L., y Mata Chinchilla, R. 2015. Inoculación al suelo con *Pseudomonas fluorescens*, *Azospirillum oryzae*, *Bacillus subtilis* y microorganismos de montaña y su efecto sobre un sistema de rotación soya-tomate bajo condiciones de invernadero. *Agronomía Costarricense*, 39(3): 21-36. <https://doi.org/10.15517/rac.v39i3.21787>
- Campos-Martínez, A., Acosta-Sánchez, R. L., Morales-Velasco, S., & Prado, F. A. (2014). Evaluación de microorganismos de montaña (MM) en la producción de acelga en la Meseta. *Biocología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(1), 79-87.
- García, M., & Watson, C. 2003. Herencia de la resistencia al acame de raíces en maíz dulce (*Zea mays* L.). *Revista Científica UDO Agrícola*, 3(1), 24-33
- Guevara-Hernández, F., Delgado-Ruiz, F., La O-Arias, M. A., Rodríguez-Larramendi, L. A., Ortiz-Pérez, R., Delgado-Ruiz, J. A., Venegas-Venegas, J. A. y Pinto-Ruiz, R. 2018. Análisis comparativo energético-económico del agroecosistema maíz del bajo prácticas convencionales y de conservación en la región Frailesca, Chiapas, México. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 35: 343-364.

- Hidalgo-Sánchez, M. G., González-Hernández, V. A., Mendoza-Onofre, L. E., Cruz-Huerta, N. y Ramírez-Ramírez, I. Desempeño de arquetipos de maíz (*Zea mays* L.) en dos densidades de población. *Agrociencia*, 54(2): 491-504. DOI: <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v54i4.2046>
- Kibblewhite, M. G., Ritz, K., & Swift, M. J. 2015. Soil health in agricultural systems. *The Royal Society*, 363. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2178>
- LAIGE-ECOSUR. 2006. Base de datos digitales. El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR). San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.
- Liu, T., Song, F., Liu S. y Zhu, X. 2011. Canopy structure, light interception, and photosynthetic characteristics under different narrow-wide planting patterns in maize at silking stage. *Spanish J. Agric. Res*, 9: 1249-1261. <https://doi.org/10.5424/sjar/20110904-050-11>
- López, M., Martínez Viera, R., Brossard Fabrè, M., Bolívar, A., Alfonso, N., Alba, A. y Pereira Abreo, H. 2008. Efecto de biofertilizantes bacterianos sobre el crecimiento de un cultivar de maíz en dos suelos contrastantes venezolanos. *Agronomía Tropical*, 58(4): 391-401.
- Martínez Aguilar, F. B., Guevara Hernández, F., La O Arias, M. A., Rodríguez Larramendi, L. A., Pinto Ruiz, R., & Aguilar Jiménez, C. E. 2020. Caracterización de productores de maíz e indicadores de sustentabilidad en Chiapas. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(5): 1031-1042. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i5.2189>
- Martínez-Aguilar, F. B., Guevara-Hernández, F., Aguilar-Jiménez, C. E., Rodríguez-Larramendi, L. A., Reyes-Sosa, M. B. y La O-Arias, M. A. 2020. Caracterización físico-química y biológica del suelo cultivado con maíz en sistemas convencional, agroecológico y mixto en la Frailesca, Chiapas. *Terra Latinoamericana*, 38(4):871-881. DOI: <https://doi.org/10.28940/terra.v38i4.793>
- Melgar Valdes, C. E., Barba Macías, E., Álvarez-González, C. A., Tovilla Hernández, C. y Sánchez, A. J. Efecto de microorganismos con potencial probiótico en la calidad del agua y el crecimiento de camarón *Litopenaeus vannamei* (Decapoda: Penaeidae) en cultivo intensivo. *Revista de Biología Tropical*, 61(3): 1215-1228. <https://doi.org/10.15517/rbt.v61i3.11936>
- Shao, K., Bai, Ch., Jian, C., Hu, Y., Gong, Y., Jianying, Ch., Dai, J., Wang, Y., Ba, T., Tang, X. y Gao, G. 2019. Illumina Sequencing Revealed Soil Microbial Communities in a Chinese Alpine Grassland. *Geomicrobiology Journal*, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1080/01490451.2018.1534902>
- SIAP. 2019. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Recuperado de <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-agricola-33119>
- Suchini Ramírez, J. G. 2012. Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio (Primera ed.). Turrialba, C. R.: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.
- Umaña, S., Rodríguez, K., Rojas, C. 2017. ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como estrategia de biofertilización? Un enfoque de ingeniería de biosistemas. *Revista de Ciencias Ambientales (Trop J Environ Sci)*, 51(2): 133-144. DOI: <http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.7>