

La milpa, análisis y revalorización de un sistema ancestral para la producción agrícola de alimentos

The milpa, analysis and revaluation of an ancestral system for agricultural food production

Ramón Efrén Espinoza-Sosa¹, Luis Mojica^{2*}, Montserrat Alcázar-Valle², Jhony Navat Enríquez-Vara³, Jonhatan Contreras², David Sánchez Sánchez⁴, y Soledad García-Morales^{3*}

¹*Biotecnología Vegetal, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Zapopan, México.*

²*Tecnología Alimentaria, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Zapopan, México.*

³*Biotecnología Vegetal, SECIHTI-Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, Zapopan, México.*

⁴*Investigador Posdoctoral SECIHTI- UDG, Maestría en Gestión y Desarrollo Social, México.*

* *Autores de correspondencia: Soledad García-Morales, smorales@ciatej.mx - Luis Mojica, lmojica@ciatej.mx*

Palabras clave:

agroecosistemas, agroecología, aumento de rendimiento, milpa, policultivo, seguridad alimentaria

Keywords:

agroecosystems, agroecology, yield increase, milpa, polyculture, food security

Recibido: 22 de marzo 2025

Revisado: 28 de abril 2025

Aceptado: 06 de junio 2025

Publicado: 21 de julio 2025



Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la licencia CC BY-NC-SA 4.0. Para ver una copia de esta licencia visite <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Resumen

Los agroecosistemas surgen de una transformación de los ecosistemas naturales para satisfacer la demanda de alimentos y bienes ecológicos. Los monocultivos contrastan con sistemas sostenibles como los policultivos, destacando la milpa mesoamericana, basada en la asociación de maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus* spp.) y calabaza (*Cucurbita* spp.). Este sistema puede mejorar la calidad del suelo, el rendimiento y la diversificación alimentaria. En este trabajo se exploró y se analizó la milpa, un sistema agroecológico milenario en México, donde la asociación de cultivos, la densidad de plantación y las condiciones geográficas resultan determinantes en la productividad de la milpa comparada con los monocultivos. Se consultó bibliografía sobre trabajos con monocultivos y/o policultivos que analizaron el rendimiento y otros aspectos agronómicos. Es importante revalorizar la milpa responsablemente, ya que garantiza la seguridad alimentaria de las comunidades rurales mexicanas y favorece el uso eficiente de los recursos naturales. La milpa es un sistema agroecológico clave para la sustentabilidad agrícola y la resiliencia climática.

Abstract

Agroecosystems arise from the transformation of natural ecosystems to meet the demand for food and ecological goods. Monocultures contrast with sustainable systems, such as polycultures, notably the Mesoamerican milpa, which is based on the association of corn (*Zea mays*), beans (*Phaseolus* spp.), and squash (*Cucurbita* spp.). This system can enhance soil quality, increase yield, and promote food diversification. This study explored and analyzed the milpa, an ancient agroecological system in Mexico, where crop association, planting density, and geographical conditions are decisive factors in the productivity of the milpa compared to monocultures. We consulted literature on monoculture and/or polyculture studies that analyzed yield and other agronomic aspects. It is essential to reevaluate the milpa responsibly, as it has ensured food security for Mexican rural communities and facilitated the efficient use of natural resources. The milpa is a crucial agroecological system for agricultural sustainability and climate resilience.



Introducción

Con el propósito de satisfacer su necesidad de alimentos y de otros bienes y servicios ecológicos, el ser humano ha modificado los ecosistemas naturales de tal manera que convierte a estos en agroecosistemas. La forma en que dichos agroecosistemas son diseñados y manejados, o, en otras palabras, el modelo de agricultura que se implementa es un factor de impacto en el ambiente natural donde estos se hallan inmersos (Sarandón, 2020), lo que toma especial relevancia al considerar que la agricultura es la actividad más intensiva entre aquellas que precisan del suelo. Un tipo de agroecosistema son los monocultivos que consisten en la siembra de una sola especie de planta, generalmente en terrenos de gran extensión. Los monocultivos son característicos del modelo de la agricultura industrial, la cual, si bien posee elementos que eficientan la producción de alimentos, como la utilización de maquinaria para el cultivo, para la siembra, para el control de hierbas y para la cosecha, también requiere de otros insumos que resultan perjudiciales, tales como los pesticidas químicos que son necesarios ante la vulnerabilidad de los monocultivos ante plagas y enfermedades (Gliessman et al., 2023).

Por otro lado, los policultivos son una clase de agroecosistema en el que se cultivan distintas especies vegetales simultáneamente (Misra & Ghosh, 2024), de modo que se establecen comunidades en las cuales se producen diferentes interacciones entre las plantas. Por ejemplo, algunas de ellas pueden adicionar ciertos nutrientes al suelo o pueden crear sombra. Asimismo, las especies vegetales del agroecosistema pueden tomar el agua y los nutrimentos del suelo en momentos distintos (Duvick, 2007). A la vez, los policultivos exhiben algunos beneficios en cuanto a la producción de alimentos. Por ejemplo, la diversificación de la flora del agroecosistema lleva a la consecuente diversificación de la dieta, en especial en comunidades que presentan condiciones climáticas volátiles y adversas. Por otra parte, no existe la necesidad de emplear pesticidas químicos para el control de insectos, hierbas y enfermedades. La producción de alimentos por medio de policultivos también estabiliza los rendimientos, mejora la calidad del suelo y disminuye la erosión de este último (Misra & Ghosh, 2024).

El objetivo del presente trabajo fue realizar una exploración y un análisis de la milpa como un sistema agroecológico milenario en México, comparando su productividad con los monocultivos de maíz, frijol o calabaza. Para ello, se efectuó una revisión de la bibliografía referente a los trabajos que contienen experimentos con monocultivos y/o policultivos que incluyeron, al menos, una de las especies que forman parte del sistema milpa, con énfasis en aquellos estudios que muestran las diferencias entre los rendimientos de producción y otros aspectos agronómicos.



Los agroecosistemas como sistemas socio-ecológicos y agroecológicos

Los agroecosistemas pueden ser considerados como sistemas socio-ecológicos, que son producto de la interacción entre los procesos ecológicos y las actividades humanas (Liu et al., 2024). Así, los elementos de un ecosistema se relacionan con otros de naturaleza política, cultural, económica, social, tecnológica (Cevallos Suarez et al., 2019). Dentro de los sistemas socio-ecológicos también pueden mencionarse las áreas rurales y aquellos sistemas que están relacionados con el agua (Martínez-Fernández et al., 2023). Asimismo, entre los agroecosistemas existen los denominados sistemas agroecológicos. Estos consisten en unidades de producción de pequeño tamaño que se fundamentan en la racionalidad ecológica de la agricultura tradicional (Cevallos Suarez et al., 2019).

En los sistemas agroecológicos, el aprovechamiento de los recursos naturales y las tecnologías que son utilizadas para su trabajo se encuentran vinculadas con una cosmovisión. Igualmente, existe una conexión con dinámicas sociales de asociatividad y cooperación, las cuales dictan la manera en que se organiza el trabajo y la comercialización del agroecosistema (Cevallos Suarez et al., 2019). De este modo, pueden establecerse tres pilares para la comprensión de los sistemas agroecológicos: el funcionamiento técnico del sistema, el sistema de toma de decisión y el sistema de pensamiento del productor (Michaud, 2020).

La milpa y la “tríada mesoamericana”. Un sistema agroecológico milenario de México

Un sistema agroecológico de gran relevancia en México es la milpa. La palabra “milpa” proviene de los vocablos náhuatl *milli* y *pan*, que significan “campo sembrado” y “encima de”, respectivamente. La milpa consiste en un policultivo temporal de las denominadas “tres hermanas” o “tríada mesoamericana”: maíz (*Zea mays*), frijol (*Phaseolus* spp.) y calabaza (*Cucurbita* spp.) (Figura 1). Según la fuente que se consulte, la antigüedad de esta tradición agrícola llega a ser datada hasta en más de 5, 000 años; tiempo a lo largo del cual ha contribuido a la seguridad alimentaria y nutrición adecuada de las comunidades rurales (Fonteyne et al., 2023; Leyva-Trinidad et al., 2020; Serralta-Batun et al., 2023; Uuh-Narvaez et al., 2024).

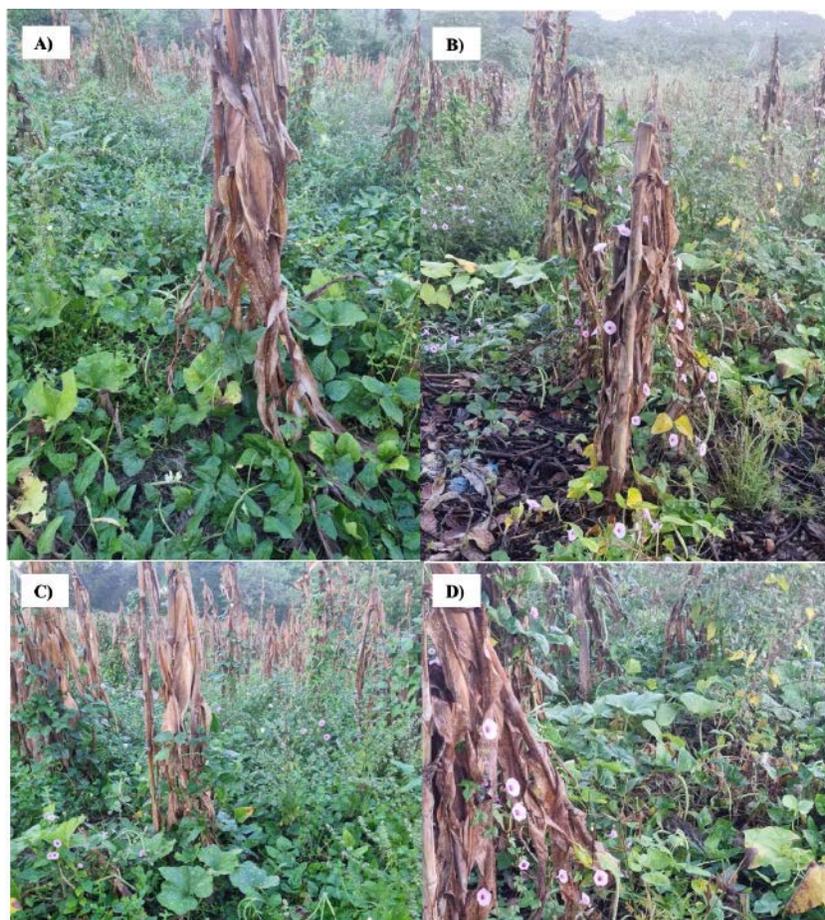


Figura 1. Distintas vistas de milpas en la región de la Costa Chica en el estado de Guerrero, México
Fuente: propia

Entre los integrantes de la “tríada mesoamericana”, el maíz es el que más se asocia popularmente con el concepto de milpa. Su domesticación ocurrió en México hace aproximadamente 10, 000 años a partir del teocintle (*Z. mays* spp. *parviglumis*) (Linares & Bye, 2018). De manera más precisa, se han ubicado sus centros de origen en la zona centro-sur, destacándose la cuenca del río Balsas y el área próxima a Guatemala (Linares & Bye, 2018). A lo largo del territorio mexicano han sido identificadas más de 60 razas de maíz, lo que equivale al 30% de la diversidad de maíces latinoamericanos (Caballero-García et al., 2019; Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, 2025; Mota Cruz, 2018) (Figura 2).



Figura 2. Maíces de diferentes razas de distintas regiones de México. A) Mazorca de la Costa Chica de Guerrero. B) y C) Mazorcas desgranadas de la Costa Chica de Guerrero. D) Mazorcas de un policultivo de maíz y calabaza en Ometepec, Guerrero. E) Mazorcas de la raza elotes occidentales de monocultivo del municipio de Ixtlahuacán del Río, Jalisco. F) Mazorcas de diferentes razas en la festividad del Día de Muertos en Zamora, Michoacán

Fuente: propia

Por su parte, los frijoles también se domesticaron y diversificaron en México, donde se encuentran 52 especies diferentes; entre las que se incluyen las cinco especies domesticadas y la mayoría de las especies silvestres (Delgado & Gama López, 2015; Delgado Salinas, 2011). Además, 31 de las especies de frijol son endémicas del territorio mexicano (Delgado & Gama López, 2015). De las especies domesticadas, *P. vulgaris*, coloquialmente llamado frijol común, es la de mayor relevancia en términos de alimentación humana (Bourges Rodríguez, 2011) (Figura 3).

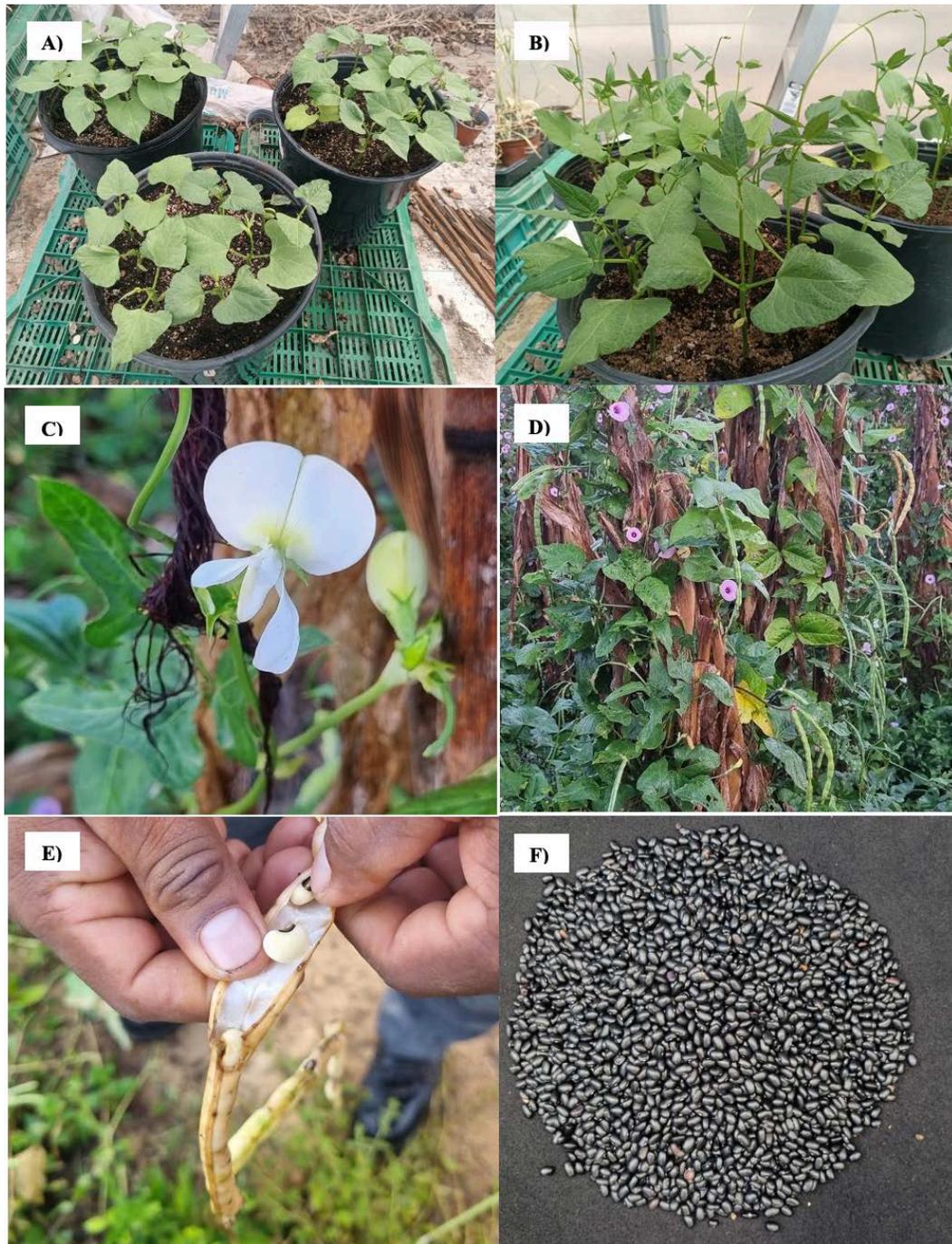


Figura 3. Diferentes estadios de desarrollo de plantas de frijol. A) y B) Plantas de frijol garbancillo (*P. vulgaris*) 13 y 16 días después de la siembra (semillas del municipio de Ixtlahuacán del Río, Jalisco). C) Planta de frijol (*Phaseolus* sp.) en etapa de floración en un policultivo de la Costa Chica de Guerrero. D) y E) Vainas de frijol (*Phaseolus* sp.) producidas en la Costa Chica de Guerrero. F) Frijol chaparro (*P. vulgaris*) de Ometepec, Guerrero
Fuente: propia

Por último, las calabazas no solamente tuvieron también su centro de domesticación y diversificación en México, sino que estas fueron las primeras plantas



domesticadas en el país miles de años antes que los otros miembros de la “tríada mesoamericana”; según lo indican las evidencias arqueológicas (Eguiarte et al., 2018). De las cinco especies domesticadas, cuatro son originarias de Mesoamérica; o bien, atravesaron el proceso de diversificación aquí luego de haber sido domesticadas en otras regiones (Eguiarte et al., 2018; Lira et al., 2016) (Figura 4).

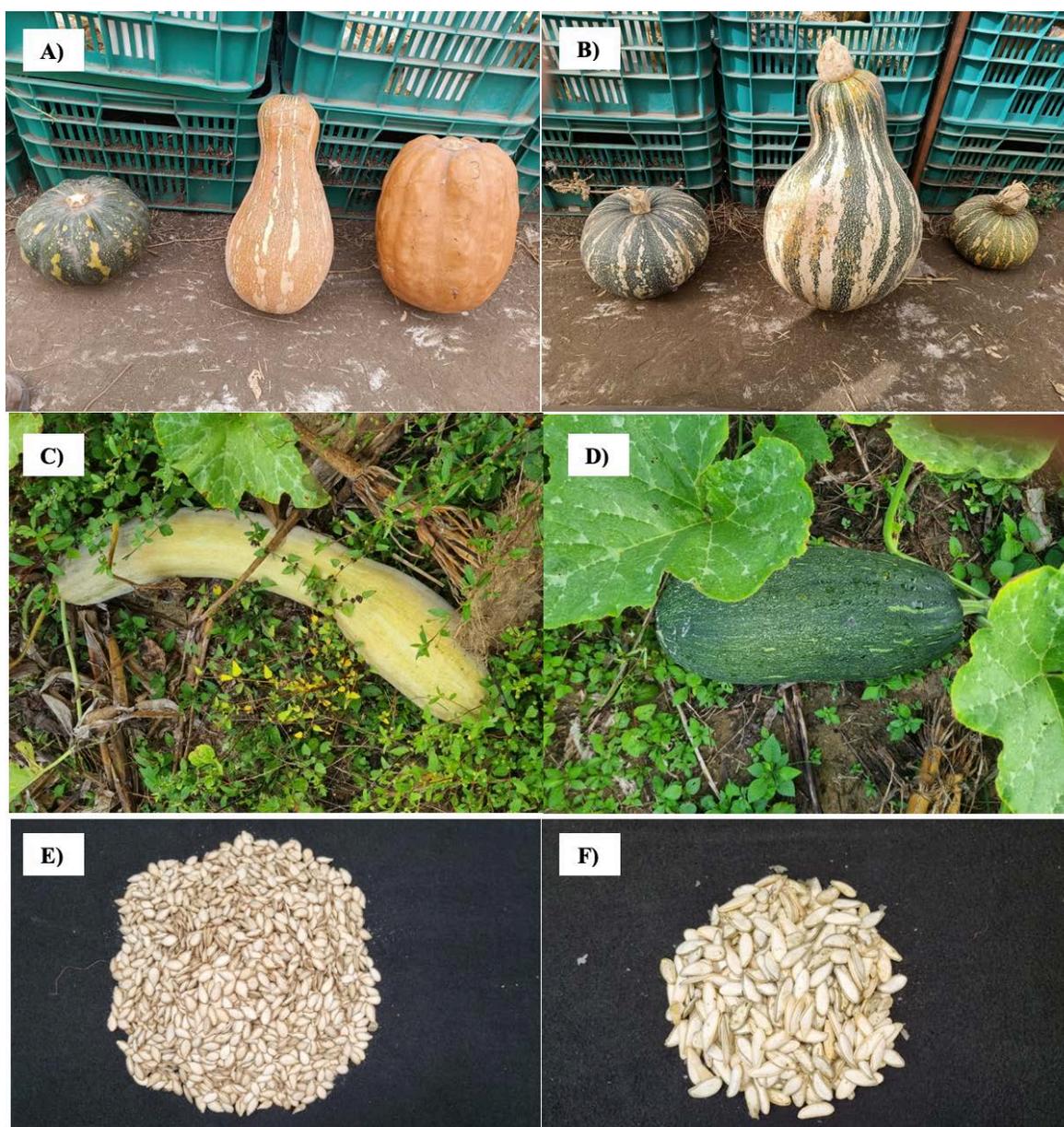


Figura 4. Diferentes especies y variedades de calabazas. A) *C. moschata* de un policultivo de maíz y calabaza del municipio de Ixtlahuacán del Río, Jalisco. B) *C. argyrosperma* de una milpa del municipio de Ixtlahuacán del Río, Jalisco. C) y D) *C. moschata* en sistemas agrícolas de la Costa Chica de Guerrero. E) Semillas de *C. moschata* provenientes de Ometepec, Guerrero. F) Semillas de *C. argyrosperma* obtenidas en Ometepec, Guerrero

Fuente: propia



Desarrollo

Las distintas características de la milpa como agroecosistema, así como las de otros policultivos que incluyen a una o más de las “tres hermanas” y sus diferencias respecto a los monocultivos de maíz, de frijoles y de calabazas, han sido estudiadas a lo largo del tiempo en distintas regiones de México y del mundo. De esta manera, se han encontrado variaciones en los aspectos agronómico, edafológico y microbiológico que reflejan una sinergia entre las plantas que conforman la “tríada mesoamericana” y su influencia sobre otros elementos del agroecosistema. Entre estos cambios, los relacionados con los rendimientos en la producción de alimentos son particularmente importantes por ser dicha producción el objetivo final de la milpa, además de ser un reflejo de las características biológicas y no biológicas de los suelos de las milpas.

En cuanto a los estudios agronómicos, existen aquellos que emplean el nombre “milpa” para hacer referencia a los monocultivos de maíz. En estos se ha reportado que la modificación en la densidad de plantación o en la densidad poblacional, la fertilización, el arreglo de plantación y la rotación con otros cultivos permiten un incremento en el rendimiento, en la rentabilidad y en la sostenibilidad (Aguilar-Jiménez et al., 2011; Caudillo Caudillo et al., 2006; Eash et al., 2019). Por su parte, otros autores reportan diferencias al experimentar con policultivos de maíz y frijol, en los cuales, igualmente, se ha observado el impacto del arreglo de plantación, de la proporción entre las plantas de las dos especies, de la fertilización y del control de plagas y enfermedades; así como de la interacción entre estos factores en la producción de biomasa, en la eficiencia en el uso del suelo, en el desarrollo radicular, en los rendimientos y en la rentabilidad (Albino-Garduño et al., 2015; Delgado Martínez et al., 2015; Eash et al., 2019; Yilmaz et al., 2008).

En la tabla 1 se muestra una síntesis de los resultados obtenidos en los estudios que fueron consultados para la elaboración del presente trabajo. Sin embargo, es muy importante mencionar que la variación que se observa entre dichos resultados está determinada, en gran parte, por las diferentes características geográficas de los sitios donde estos se llevaron a cabo; como lo son el clima, la latitud, longitud y altitud y el tipo de suelo. Al mismo tiempo, otro factor determinante en los resultados son las variedades o, en el caso de los frijoles y, como ya se dijo, de las calabazas, especies empleadas en los estudios; información que no siempre es documentada en las publicaciones.



Tabla 1. Resultados obtenidos en distintos estudios sobre sistemas agrícolas con maíz, frijol y/o calabaza

Región	Características del agroecosistema	Resultados agronómicos	Referencia
Santa Cruz Tepetotutla Oaxaca (La Chinantla)	Monocultivo de maíz	Con datos de rendimiento por golpe y un modelo de efectos mixtos, se pudo predecir el rendimiento en función del número de plantas por golpe. El rendimiento fue de aproximadamente 90 g por golpe con una planta y alrededor de 490 g por golpe con siete plantas. El incremento en la densidad de plantación, en cuanto a número de golpes como de plantas por golpes conduce a un mayor rendimiento.	(Caudillo Caudillo et al., 2006)
Elbistan Turquía	Policultivos de maíz y frijol y policultivos de maíz y <i>Vigna sinensis</i> L.	Tanto los policultivos de maíz y frijol como los de maíz y <i>V. sinensis</i> L., en proporción 67:50 e independientemente de su diseño de plantación, exhibieron mayores rendimientos, mejor explotación de los recursos naturales y mayor rentabilidad en comparación con los monocultivos y con el resto de los policultivos. El rendimiento del maíz en monocultivo fue de 11.02 Mg/ha frente a 13.17 y 14.00 Mg/ha en los policultivos en proporción 67:50 con frijol y <i>V. sinensis</i> , respectivamente. Los rendimientos de las leguminosas disminuyeron en los policultivos, pero se tuvo un rendimiento total de 14.00 Mg/ha para el sistema con frijol y de 14.60 Mg/ha para el sistema con <i>V. sinensis</i> . El valor del uso equivalente de la tierra para el sistema de maíz y frijol resultó de 1.61; y de 1.72 para el sistema de maíz y <i>V. sinensis</i> , indicando un mejor aprovechamiento del suelo que en los monocultivos. La rentabilidad se evaluó con el <i>Monetary Advantage Index</i> , que arrojó valores de 1,222.4 y 1,296.7 para los sistemas con frijol y <i>V. sinensis</i> , respectivamente. El incremento en la rentabilidad con el policultivo de maíz y frijol fue de hasta el 34%; mientras que, con el policultivo de maíz y <i>V. sinensis</i> fue de hasta el 65%.	(Yilmaz et al., 2008)
Estado de Nueva York Estados Unidos	Milpa comparada con monocultivos de <i>Z. mays</i> , <i>P. coccineus</i> y <i>C. pepo</i>	El rendimiento del maíz (medido a 15% de humedad) fue mayor con el aumento en la densidad de plantas (de 15,000 a 20,000 plantas por acre) y con la reducción del distanciamiento (40 in), alcanzando hasta los 76 bu/acre. En monocultivo, los rendimientos se mantuvieron alrededor de 70 bu/acre. Al cultivarse en milpa, los rendimientos fueron similares a los obtenidos en los monocultivos o ligeramente superiores; la milpa generó un rendimiento de 4,052 bu/acre frente a un rendimiento de 3,731 bu/acre con el monocultivo. En el caso del frijol (el rendimiento se midió con respecto a la materia seca), su rendimiento en monocultivos fue 385 lb/acre, en contraste con las milpas el rendimiento fue entre 16 y 46 lb/acre en promedio. En algunos experimentos, el frijol produjo mayores rendimientos al haber un mayor distanciamiento, pero en otros casos esta variable no afectó los rendimientos. En la calabaza (el rendimiento se midió respecto al peso fresco), produjo rendimientos mayores en monocultivo (40,164 lb/acre) comparado con la milpa (14,465 lb/acre). Para el cultivo de calabaza el distanciamiento representó un factor importante, donde los espaciamientos de 48 o 60 in generaron rendimientos mayores que tratamientos con un menor distanciamiento. Se sugiere que una menor densidad de plantación del maíz puede favorecer los rendimientos tanto de la calabaza como del frijol. Los valores de la razón de equivalencia de la tierra fueron superiores a 1.0, lo que indica una mayor eficiencia en el uso del terreno al implementar los policultivos.	(Mt.Pleasant & Burt, 2010)



Selva chiapaneca	Monocultivo de maíz, en algunos casos con rotación con <i>Mucuna deeringiana</i>	La modificación de la densidad de población y la rotación con <i>M. deeringiana</i> condujo al incremento en el rendimiento, rentabilidad y sostenibilidad. En el rendimiento, arreglos de plantación con 1 m entre hileras y 0.5 m entre plantas resultó en 40,000 plantas/ha, optimizando el aprovechamiento de recursos frente al arreglo convencional de 30,000 plantas/ha; aumentando los rendimientos en el rango de 1,732 a 2,171 kg/ha (el valor considerado como óptimo fue de 2, 500 kg/ha). La rotación con <i>M. deeringiana</i> disminuyó los costos relacionados con el control de malezas y plagas, reportando beneficios netos mayores (\$4,714.18/ha). Estos sistemas alternativos permitieron una producción sostenible, al reducir la erosión del suelo y aumentar la materia orgánica del suelo gracias a la rotación con <i>M. deeringiana</i> .	(Aguilar-Jiménez et al., 2011)
Montecillo estado de México	Cultivo de frijol ejotero con maíz criollo azul como espaldera	El tratamiento de dos plantas de frijol por mata y 150 kg/ha de nitrógeno exhibió el mejor rendimiento, alcanzando 31,806 kg/ha y el mayor número de ejotes con 852 ejotes/m ² . Igualmente, mostró la mayor rentabilidad económica, lo que incluye una mayor eficiencia en el uso del agua (11 g/m ² /mm), un mayor ingreso neto (\$143,248/ha) y una mayor tasa de retorno (9.1).	(Delgado Martínez et al., 2015)
Campo Experimental Valle de México del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias	Cultivos intercalados de maíz y frijol	El mayor rendimiento de maíz se obtuvo con el arreglo topológico de un surco de maíz intercalado seguido de uno de frijol (205.87 ± 8.01 g/planta) en comparación con el monocultivo (157.21 ± 12.56 g/planta). Este último mostró además raíces con menos exploración lateral. Al implementar el arreglo de un surco de maíz seguido de uno de frijol se observó la mayor exploración radical lateral en ambos cultivos, aunque el frijol tuvo menor área con raíces; lo que resultó en una reducción de la biomasa y en una disminución de hasta el 12% en el rendimiento en comparación al monocultivo, caso contrario a cuando se sembraron dos surcos de maíz seguidos de dos de frijol; tratamiento en el cual el frijol aumentó su biomasa y el rendimiento del grano gracias a una mayor área radicular.	(Albino-Garduño et al., 2015)
Campus El Cerrillo Piedras Blancas de la Universidad Autónoma del Estado de México	Milpa comparada con monocultivo de maíz, monocultivo de frijol, monocultivo de calabaza, policultivo maíz-frijol, policultivo maíz-calabaza y policultivo frijol-calabaza	El maíz tuvo mayor rendimiento por superficie en monocultivo (9.3 Mg/ha), donde fue plantado a mayor densidad. El frijol exhibió su mayor rendimiento por superficie en el monocultivo (1.9 Mg/ha) y en el policultivo con maíz (1.9 Mg/ha). La calabaza mostró mayor rendimiento (tanto de frutos como de flores) en el policultivo con frijol (14.0 Mg/ha y 1,531 flores/ha). No obstante, las tres especies generaron sobrecosecha en la milpa, ya que sus producciones por superficie en este sistema representaban más del 33% de lo obtenido en sus monocultivos (su densidad de siembra en la milpa era una tercera parte de la que se sembró en monocultivo). En cuanto a los rendimientos por planta, el maíz tuvo su mayor rendimiento en el policultivo con frijol (68.3 g/planta); el frijol, en el policultivo con maíz (25.70 g/planta) y en el monocultivo (23.73 g/planta); y la calabaza, en la milpa (489.3 g/planta). El valor del uso equivalente de la tierra fue mayor a 1.0 para todos los policultivos, el sistema más productivo fue el policultivo de maíz y frijol (1.9). El sistema menos productivo fue el monocultivo de calabaza.	(Ebel et al., 2017)



El Carmen de Viboral Colombia	Milpa comparada con policultivo de frijol y maíz y con monocultivo de frijol. Acompañados de biodiversidad funcional.	El sistema con la tríada mesoamericana mostró mejores resultados para las variables número de vainas (21.1 ± 7.4 vainas), peso de la vaina (253.4 ± 109 g), número de frijoles (96.5 ± 40.9 frijoles), peso del frijol (126.1 ± 56.5 g) y rendimiento ($1,801 \pm 808$ kg/ha), así como en el uso equivalente de la tierra (2.95) que el monocultivo de frijol y el cultivo conjunto de frijol y maíz. Además, la milpa mostró mayor tolerancia al estrés hídrico generado tanto por sequía como por inundación.	(Gómez Betancur et al., 2018)
Suchitepéquez, Chimaltenango y Quetzaltenango Guatemala	Monocultivo de maíz. Cultivo intercalado de maíz y frijol.	El mejoramiento de la fertilización y del control de plagas y enfermedades incrementó el rendimiento del maíz, pero no tuvo efectos significativos en el frijol. El factor evaluado más prometedor fue el arreglo en la plantación, que aumentó el rendimiento del maíz. Los tratamientos que mejoraron la productividad de ambos cultivos y el beneficio neto incluyeron cambios en el manejo que hicieron más eficiente el manejo de recursos. La contribución de cada uno de los factores limitantes fue diferente en función del sitio, de tal manera que no hubo algún tratamiento que resultara efectivo para todos los sitios. Las limitantes de la producción son dependientes de las prácticas de manejo locales y de la ubicación.	(Eash et al., 2019)
El Paraíso y Lempira Honduras			
La Libertad El Salvador			

Fuente: propia

En el caso del maíz, además del impacto positivo por parte de los factores anteriormente mencionados, se ha visto que se presenta un mayor rendimiento y una mayor exploración por parte de las raíces cuando se cultiva en conjunto con el frijol. En cuanto a este último, se ha encontrado una relación positiva entre el rendimiento y la eficiencia en el uso del agua y eficiencia agronómica del nitrógeno. Es importante comentar que se ha visto que un determinado arreglo de plantación que lleve al incremento de la biomasa, del área con presencia de raíces y del rendimiento de una de las dos plantas puede conducir, a su vez, a la reducción de estos parámetros en la otra; que es justamente lo que sucede en algunos casos con el frijol cuando el arreglo de plantación aumenta los atributos del cultivo de maíz (Albino-Garduño et al., 2015; Delgado Martínez et al., 2015; Eash et al., 2019; Yilmaz et al., 2008).

En cuanto a los estudios en torno a la milpa en todo su conjunto, considerando todos sus componentes, se observó cómo los factores anteriormente mencionados, así como otras características de las unidades experimentales inciden en los rendimientos y comportamiento de este sistema agroecológico. De esta manera, el maíz ha mostrado mayores rendimientos con un aumento en la densidad de plantación y con una reducción en el distanciamiento entre plantas, hecho que pudo observarse en monocultivos, en policultivos con frijol o calabaza y en milpas. A la vez, este rendimiento ha sido, en algunos casos, mejor en monocultivos; mientras que en otras situaciones ha resultado ser mejor en sistemas de policultivo como la milpa. No obstante, es necesario comentar que la información reportada puede ser un rendimiento por superficie o un rendimiento por planta. Por ejemplo, un monocultivo



puede implicar una mayor densidad de plantación del maíz que consecuentemente lleve a un mayor rendimiento por superficie, pero el rendimiento por planta en un mismo experimento puede ser mayor en un policultivo. Asimismo, los policultivos como la milpa también pueden presentar sobre cosecha de maíz en comparación con un monocultivo (Ebel et al., 2017; Mt. Pleasant & Burt, 2010).

Por su parte, se ha observado que el comportamiento del frijol en la milpa puede asociarse, igualmente, con factores como el distanciamiento entre las plantas y con la densidad de plantación del maíz asociado. De la misma forma, distintos trabajos han reportado diferentes resultados al momento de comparar los rendimientos de frijol obtenidos en milpa y en monocultivo, aunque también se ha documentado su sobre cosecha en la primera. Es relevante mencionar que se ha encontrado que su cultivo en milpa puede incrementar ciertos atributos como el número y peso de las vainas y de las semillas (Ebel et al., 2017; Gómez Betancur et al., 2018; Mt. Pleasant & Burt, 2010).

En cuanto a la calabaza, también se ve afectada por el distanciamiento entre las plantas y por la densidad de plantación del maíz asociado. Los resultados de los estudios sobre sus rendimientos (que pueden ser el rendimiento de fruto o el rendimiento de flor) son igual de variados que los encontrados para el frijol y el maíz, presentándose, del mismo modo, sobre cosecha al cultivar en milpa. En el caso de esta planta, las muchas diferencias existentes entre las cuatro especies domesticadas y la gran variabilidad dentro de estas hacen que la comparación entre los resultados de distintos trabajos sea complicada y, posiblemente, poco informativa (Ebel et al., 2017; Mt. Pleasant & Burt, 2010)

Conclusiones

La milpa constituye un sistema agroecológico tradicional que ha garantizado la seguridad alimentaria en las comunidades mexicanas, cuya revalorización puede llevar al desarrollo de proyectos con la finalidad de generar un aprovechamiento responsable y sustentable de la asociación entre el maíz, el frijol y la calabaza. A diferencia de los sistemas agrícolas convencionales, los monocultivos, la milpa es una fuente de alimentos de gran importancia para las poblaciones mesoamericanas: mejora la estabilidad de los rendimientos, reduce la erosión del suelo y minimiza la dependencia de insumos externos. Es necesario que la caracterización de las milpas en México se realice a nivel regional, considerando los distintos factores como la densidad de plantación y las condiciones ambientales propios de cada zona, para una adecuada comparación entre resultados de distintos sitios geográficos. La preservación de la milpa es fundamental para garantizar la soberanía alimentaria y la sustentabilidad en el contexto del cambio climático.



Conflicto de intereses

Los autores declaran que la investigación se realizó en ausencia de cualquier relación comercial o financiera que pudiera interpretarse como un potencial conflicto de interés.

Financiamiento

El presente trabajo fue desarrollado como parte del proyecto “Evaluación del efecto sinérgico de la combinación de semillas criollas del sistema milpa (maíz, frijol, calabaza) sobre marcadores moleculares de obesidad y diabetes tipo 2”, de la Convocatoria Ciencia de Frontera con clave CF-2023-I-188. Este proyecto es financiado por el CONAHCYT, donde el responsable técnico es el Dr. Luis Mojica.

Agradecimientos

Se agradece a la SECIHTI por la beca de posgrado del primer autor (CVU, 2026631). Se agradece a los productores de los municipios de Xochistlahuaca, Ometepec y Tlacoachistlahuaca por permitir la toma de fotografías de sus sistemas agrícolas. Se agradece al Ing. Jacinto Morales de la Cruz, al Lic. Guillermo Rosendo Martínez y al Dr. Ever Sánchez Osorio por su colaboración y apoyo durante los recorridos de campo.

Referencias

- Aguilar-Jiménez, C. E., Tolón-Becerra, A., & Lastra-Bravo, X. (2011). Evaluación integrada de la sostenibilidad ambiental, económica y social del cultivo de maíz en Chiapas, México. *Revista de La Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Cuyo*, 43(1), 155–174.
- Albino-Garduño, R., Turrent-Fernández, A., Cortés-Flores, J. I., Livera-Muñoz, M., & Mendoza-Castillo, M. C. (2015). Distribución de raíces y de radiación solar en el dosel de maíz y frijol intercalados. *Agrociencia*, 49(5), 513–531.
- Bourges Rodríguez, H. (2011). Beans in the Mexican Diet. En G. Castillo (ed.), *The Bean. A Gift from Mexico to the World* (pp. 37–47). Fundación Herdez.
- Caballero-García, M. A., Córdova-Téllez, L., & López-Herrera, A. de J. (2019). Validación empírica de la teoría multicéntrica del origen y diversidad del maíz en México. *Revista Fitotecnia Mexicana*, 42(4), 357–366.
- Caudillo Caudillo, S., Duncan Golicher, J., Van del Wal, H., & Vargas Domínguez, S. (2006). Densidades de siembra, rendimientos y área requerida para maíz en la agricultura de roza, Tumba y Quema en la Chinantla, México. *Agrociencia*, 40(4), 449-460. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2042857&info=resumen&idioma=SPA>



- Cevallos Suarez, M., Urdaneta Ortega, F., & Jaimes, E. (2019). Desarrollo de sistemas de producción agroecológica: Dimensiones e indicadores para su estudio. *Revista de Ciencias Sociales*, 25(3), 172–185. <https://doi.org/10.31876/rsc.v25i3.27365>
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (2025). *Razas de maíz de México*. <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/alimentos/maices/razas-de-maiz>
- Delgado, A., & Gama López, S. (2015). Diversidad y Distribución de los Frijoles Silvestres en México. *Revista Digital Universitaria UNAM*, 16(2). <http://www.revista.unam.mx/vol.16/num2/art10/>
- Delgado Martínez, R., Alberto, J., Estrada, E., Morales-Rosales, E. J., & Alberto Lopez-Santillan, J. (2015). Snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production and profitability intercropping with maize in function of density and nitrogen in temperate climate. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias UNCuyo*, 47(2), 15–25. <https://www.researchgate.net/publication/289996556>
- Delgado Salinas, A. (2011). The Natural History of Beans (Phaseolus). En G. Castillo (ed.), *The Bean. A Gift from Mexico to the World* (pp. 7–17). Fundación Herdez.
- Duvick, D. N. (2007). Breeding of Plants. En S. A. Levin (ed.), *Encyclopedia of Biodiversity* (Vol. 1, pp. 1–12). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B0-12-226865-2/00038-9>
- Eash, L., Fonte, S. J., Sonder, K., Honsdorf, N., Schmidt, A., Govaerts, B., & Verhulst, N. (2019). Factors contributing to maize and bean yield gaps in Central America vary with site and agroecological conditions. *Journal of Agricultural Science*, 157(4), 300–317. <https://doi.org/10.1017/S0021859619000571>
- Ebel, R., Pozas Cárdenas, J. G., Soria Miranda, F., & Cruz González, J. (2017). Manejo orgánico de la milpa: rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo. *Terra Latinoamericana*, 35(2), 149–160.
- Eguiarte, L. E., Hernández-Rosales, H. S., Barrera-Redondo, J., Castellanos-Morales, G., Paredes-Torres, L. M., Vega, G. S. la, Ruiz-Mondragón, K. Y., Vázquez-Lobo, A., Montes-Hernández, S., Aguirre-Planter, E., Souza, V., & Lira, R. (2018). Domesticación, diversidad y recursos genéticos y genómicos de México: El caso de las calabazas. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 21(2), 85–101. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2018.0.159>
- Fonteyne, S., Castillo Caamal, J. B., Lopez-Ridauro, S., Van Loon, J., Espidio Balbuena, J., Osorio Alcalá, L., Martínez Hernández, F., Odjo, S., & Verhulst, N. (2023). Review of agronomic research on the milpa, the traditional polyculture system of Mesoamerica. *Frontiers in Agronomy*, 5, 1115490. <https://doi.org/10.3389/FAGRO.2023.1115490/BIBTEX>



- Gliessman, S. R., Méndez, V. E., Izzo, V. M., & Engles, E. W. (2023). *Agroecology. Leading the Transformation to a Just and Sustainable Food System (Fourth)*. CRC Press.
- Gómez Betancur, L. M., Márquez Girón, S. M., Restrepo Betancur, L. F., Gómez Betancur, L. M., Márquez Girón, S. M., & Restrepo Betancur, L. F. (2018). The milpa as a agricultural conversión alternative of conventional agroecological systems of bean (*Phaseolus vulgaris*), in the municipality of Carmen viboral, Colombia. *Idesia (Arica)*, 36(1), 123–131. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292018000100123>
- Leyva-Trinidad, D. A., Pérez-Vázquez, A., Bezerra da Costa, I., & Formighieri Giordani, R. C. (2020). El papel de la milpa en la seguridad alimentaria y nutricional en hogares de Ocotlán Texizapan, Veracruz, México. *Polibotánica*, 50, 279–299. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.50.16>
- Linares, E., & Bye, R. (2018). El maíz, base de nuestra cultura. En G. Castillo (ed.), *El maíz: nuestro rostro, nuestro corazón* (pp. 43–57). Fundación Herdez.
- Lira, R., Eguiarte, L., Montes, S., Zizumbo-Villarreal, D., Marín, P. C.-G., & Quesada, M. (2016). Homo sapiens–Cucurbita interaction in Mesoamerica: Domestication, Dissemination, and Diversification. En R. Lira, A. Casas, & J. J. Blancas (eds.), *Ethnobotany of Mexico: Interactions of People and Plants in Mesoamerica* (1^a ed., pp. 389–401). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6669-7_15
- Liu, L., Xue, J., Mao, D., Chang, J., Wang, S., Li, X., & Liu, X. (2024). An adaptive cycle framework for navigating sustainability of oasis socio-ecological system: The case of Hotan region in Xinjiang, China. *Ecological Indicators*, 167, 112556. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLIND.2024.112556>
- Martínez-Fernández, J., Pérez-Ibarra, I., Banos-González, I., & Esteve-Selma, M. A. (2023). Social-ecological systems modelling to understand the linkages between water, agriculture and rural systems. *Ecological Modelling*, 482, 110375. <https://doi.org/10.1016/J.ECOLMODEL.2023.110375>
- Michaud, A. (2020). A new systemic approach to characterize agroecological systems. *Acta Fytotechnica et Zootechnica*, 23, 322–328. <https://doi.org/10.15414/afz.2020.23.mi-fpap.322-328>
- Misra, S., & Ghosh, A. (2024). Agriculture paradigm shift: a journey from traditional to modern agriculture. En K. Singh, M. C. Ribeiro, & Ö. Calicioglu (eds.), *Biodiversity and Bioeconomy: Status Quo, Challenges, and Opportunities* (pp. 113–141). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-95482-2.00006-7>
- Mota Cruz, C. (2018). Maíces nativos de México. En G. Castillo (wd.), *El maíz: nuestro rostro, nuestro corazón* (pp. 59–69). Fundación Herdez.



- Mt.Pleasant, J., & Burt, R. F. (2010). Estimating productivity of traditional iroquoian cropping systems from field experiments and historical literature. *Journal of Ethnobiology*, 30(1), 52–79. <https://doi.org/10.2993/0278-0771-30.1.52>
- Sarandón, S. J. (2020). *El papel de la agricultura en la Transformación Social-Ecológica de América Latina*. Friedrich-Ebert-Stiftung. <http://www.fes-transformacion.org>
- Serralta-Batun, L. P., Jimenez-Osornio, J. J., Munguía-Rosas, M. Á., & Rodríguez-Robayo, K. J. (2023). Amenazas al paisaje agrícola tradicional del sur de Yucatán, México: una mirada desde el análisis socioecológico. *Revista de Economía e Sociología Rural*, 62(1), e265073. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2022.265073>
- Uuh-Narvaez, J. J., Mex-Mex, R. E., Vázquez-Encalada, K. S., & Segura-Campos, M. R. (2024). Aspectos socio-ecológicos y de producción en la milpa de Tixmehuac, Yucatán. *Bioagrobiencias*, 17(1), 86–96. <https://doi.org/10.56369/BAC.5552>
- Yilmaz, Ş., Atak, M., & Erayman, M. (2008). Identification of Advantages of Maize-Legume Intercropping over Solitary Cropping through Competition Indices in the East Mediterranean Region. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32(2), 111–119.